माध्यमिक स्कूलों के लिए विज्ञान

विज्ञान

भाग 1

(कक्षा 9 के लिए)

लेखक

ए० एम० घोष
ए० के० सिन्हा
ए० बी० पटंकर
बी० बी० कालिया
छोटन सिंह
एस० एन० दत्त
ए० आर० वासुदेव मूर्ति
ओ० पी० मल्होत्रा
अरविन्द एम० मेहता
एच० सी० गौड़
बी० डी० आत्रेय
के० एम० पंत
एन० पी० गुप्ता
एच० स्वरूप
जी० राजेश्वर राव
एस० मुकर्जी
जफर फतेहअली
जे० मित्रा

पुनर्गठन समिति

डा० एस० एन० दत्त
डा० छोटन सिंह
डा० के० एम० पंत
डा० बी० एन० पी० श्रीवास्तव
डा० ऐ० के० मिश्रा
डा० जे० मित्रा

माध्यमिक स्कूलों के लिए विज्ञान

विज्ञान

भाग 1

(कक्षा 9 के लिए)

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्

प्राक्कथन

प्रस्तुत पाठ्यपुस्तक कक्षा IX-X के लिए एक नवीन पाठ्यक्रम पर आधारित है जिसका उद्देश्य विद्यार्थियों में पदार्थ, ऊर्जा, गति, परमाणु संरचना, रासायनिक बंधता, जैविक संरचना, जैविक प्रक्रियाओं, आदि, से संबंधित कुछ मौलिक धारणाओं का विकास करना है। इसके साथ-साथ विद्यार्थी वातावरण संबंधी मौलिक समस्याओं, जैसे आबादी, पारितंत्र, प्राकृतिक सम्पदा, पोषण तथा स्वास्थ्य एवं उनके कुछ संभावित समाधान के प्रति भी सजग हो सकें। आशा की जाती है कि विज्ञान की यह पुस्तक विज्ञान के सभी विद्यार्थियों के लिए लाभकारी होगी और कुछ सीमा तक उन विद्यार्थियों के लिए भी लाभकारी होगी जो उच्च कक्षाओं में विज्ञान पढ़ेंगे। यह भी आशा की जाती है कि वर्तमान पाठ्यसामग्री से विद्यार्थियों में दैनिक जीवन में घटने वाले ब्रह्मांड तथा प्रकृति की प्रक्रियाओं के प्रति रुचि बढ़ेगी।

वर्तमान पाठ्यक्रम में विषयवस्तु को इस प्रकार क्रमबद्ध किया गया है जिससे छात्रों को विषय को सीखने में अधिक सहायता मिले और साथ ही साथ यह भी अनुभव हो कि विज्ञान के विभिन्न अंग स्वतंत्र नहीं हैं बल्कि आपस में एक दूसरे से संबद्ध हैं। उदाहरणतः रसायन विज्ञान के कुछ कठिन क्षेत्र (जैसे रासायनिक प्रक्रियाओं का वेग, वैद्युत अपघटनी, आदि) को इनसे संबंधित कतिपय भौतिक नियमों के शिक्षण के उपरांत ही रखा गया है। ठीक इसी प्रकार जैविक तंत्र को अच्छी प्रकार से समझने के लिए जीव विज्ञान के क्षेत्रों को ऑक्सीजन, फ़ास्फ़ोरस, नाइट्रोजन तथा कार्बन के रासायनिक गुण बताने के बाद ही क्रमबद्ध किया गया है। विद्यार्थियों के समग्र पठनीय भार को ध्यान में रखते हुए तैयार की गई विज्ञान की प्रस्तुत पुस्तक में विषय वस्तु को यथासंभव कम करके इस प्रकार नियोजित किया गया है कि विज्ञान के शिक्षण और अधिगमन के लिए किसी समृद्ध प्रयोगशाला एवं जटिल उपकरणों की आवश्यकता न हो। वर्तमान पुस्तक इन्हीं प्रयासों का प्रतिफल है।

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान एवम् प्रशिक्षण परिषद् विभिन्न संपादक-मंडलों तथा पुर्नविन्यास समिति के सदस्यों, विभिन्न अध्यापकों तथा विषय-विशेषज्ञों एवम् पांडुलिपियों के हिन्दी

अनुवादकों (रसायन : डा० बी० एस० मिश्र; भौतिकी : डा० आर० एन० राय; जीव विज्ञान: डा० जे० पी० एन० पाठक) तथा विषय संपादकों (रसायन: डा० के० एन० मेहरोत्रा; भौतिकी : डा० एस० लोकनाथन) एवं श्री के० बी० गुप्त, वि० ग० शि० वि०, का आभारी है।

परिषद् विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग के उन सदस्यों की भी आभारी है जिन्होंने इस पाठ्यक्रम को विकसित करने तथा अल्प समय में इस को सम्पन्न करने के लिए अथक परिश्रम किया।

पुस्तक के सुधार एवम् उन्नयन हेतु दिए गए सुझावों का परिषद् स्वागत करेगी।

शिव कुमार मित्रा

निदेशक

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्

नई दिल्ली

जनवरी 1979

विषय-सूची

पृष्ठ

पृष्ठ

अध्याय 1

हमारा विश्व

तारा-मंडल स्थिर है और ग्रहों तथा तारों का दैनिक उदय एवं अस्त पृथ्वी के अपनी धुरी पर घूमने के कारण होता है।

—आर्यभट (499 ई०)

1.1 विषय-प्रवेश

प्राचीन काल से ही मनुष्य आकाशीय पिंडों की गति से आकृष्ट होता रहा है। प्रागैतिहासिक काल का मानव भी सूर्य के उदय और अस्त, चंद्रमा की कलाओं तथा ग्रहों और तारों की गति से चमत्कृत होता रहा होगा। वस्तुतः गणित-ज्योतिष, जिसमें आकाशीय पिंडों और उनकी गति का अध्ययन किया जाता है, सबसे पहले विकसित होने वाले विज्ञानों में एक है। प्रारंभ काल से ही गणित-ज्योतिष का उपयोग दैनिक जीवन की समस्याओं को हल करने में होता रहा है। उदाहरण के लिए ऋतुओं के आवर्तन के अध्ययन से पंचांग का विकास हुआ जिसका उपयोग फसलों के बोने और काटने के उपयुक्त समयों के लिए किया जाता रहा। प्राचीन-काल के नाविक तारों का उपयोग अपनी स्थिति ज्ञात करने और पथ-प्रदर्शन के लिए करते थे। दुर्भाग्य से यह विश्वास किया जाने लगा कि पृथ्वी पर (भला या बुरा) जो कुछ होता है वह इस पर निर्भर करता है कि आकाश में क्या हो रहा है। उदाहरण के लिए यह माना जाने लगा कि ग्रहण लगने अथवा किसी धूमकेतु के प्रकट होने से कोई विपत्ति आती है, चंद्रमा की कलाओं का संबंध फसलों के काटने से है, आदि। इस विश्वास से फलित ज्योतिष का प्रारंभ हुआ। परंतु जब न्यूटन और उसके बाद के वैज्ञानिकों ने यह सिद्ध कर दिया कि आकाशीय पिंडों की गति

की प्रागुक्ति बड़ी सूक्ष्मता से केवल भौतिकी के नियमों के द्वारा की जा सकती है, तब फलित ज्योतिष के वैज्ञानिक आधार को चुनौती दी जाने लगी।

1.2 खगोल

यदि आप रात को, जब बादल न हों, आकाश की ओर देखें तो आप को यह प्रतीत होगा कि चंद्रमा, ग्रह और तारागण हम से एक ही दूरी पर एक बहुत बड़े उलटे कटोरे में स्थित हैं जो क्षितिज पर टिका हुआ है। यह भ्रम इस कारण पैदा होता है कि आकाशीय पिंड इतनी दूर हैं कि इन्द्रियों द्वारा उनका ठीक ज्ञान नहीं हो सकता। परंतु प्रारंभिक ज्योतिष में इस भ्रम को बनाए रखना और यह मान लेना सुविधाजनक है कि सभी आकाशीय पिंड एक काल्पनिक गोले पर स्थित हैं जिसका अर्धव्यास बहुत बड़ा है। इस गोले को खगोल कहते हैं।

1.3 तारा एवं ग्रह

रात को, जब आसमान साफ हो, कुछ हज़ार तारों को देखना संभव है। परंतु दूरबीन के उपयोग से कई लाख तारों का पता मनुष्य को लग सका है। सावधानी से प्रेक्षण करने पर यह प्रतीत होता है कि तारे वृत्तीय पथों पर चलते हैं जिनका अक्ष एक है। ध्रुव तारा इस सामूहिक धुरी के लगभग पास है। अतएव समय के साथ इसकी स्थिति नहीं बदलती। प्राचीनकाल में यह विश्वास किया जाता था कि तारे खगोल पर स्थिर हैं और खगोल ध्रुव के गिर्द पश्चिम की ओर घूमता है। परंतु अब यह ज्ञात है कि तारामंडल की यह आभासी गति वास्तव में पृथ्वी के अपनी धुरी पर पूर्व की ओर घूमने के कारण है। पृथ्वी के घूमने के इस अक्ष को यदि बढ़ाया जाय तो यह ध्रुव तारे की स्थिति के बहुत पास से गुज़रेगा।

आकाश में कुछ ऐसे पिंड भी हैं, जिनमें तारों की सामूहिक दैनिक गति के अतिरिक्त, खगोल पर कुछ अनियमित गति भी होती है। तारों जैसे ये पिंड, जो खगोल पर इधर-उधर घूमते रहते हैं और वर्ष में भिन्न-भिन्न समयों पर उदय एवं अस्त होते हैं, ग्रह कहलाते हैं। अब हम जानते हैं कि ग्रह तारों से पूर्णतः भिन्न हैं। हमारी पृथ्वी की तरह ये भी विभिन्न पथों अर्थात् कक्षाओं में सूर्य के गिर्द घूमते हैं। केवल आँखों द्वारा (पृथ्वी के अतिरिक्त) पाँच ग्रहों को पहचानना संभव है जिनके नाम हैं बुध, शुक्र, मंगल, बृहस्पति एवं शनि। दूरबीन के उपयोग से तीन अन्य ग्रहों को खोज निकालना संभव हुआ है जिनके नाम हैं यूरेनस, नेप्ट्यून तथा प्लूटो।

इन बड़े अर्थात् प्रधान ग्रहों के अतिरिक्त पिछली दो शताब्दियों में बहुत से छोटे अर्थात् लघुग्रहों की जानकारी हुई है जिन्हें **ऐस्टीरायड** अथवा क्षुद्रग्रह कहते हैं ।

1.4 उल्का एवं उल्कापिंड

बहुत बार हमें आकाश में प्रकाश की एक रेखा दिखाई पड़ती है जो प्रकट होकर कुछ सेकंडों में अदृश्य हो जाती है । इसे उल्का कहते हैं । उल्का के समानार्थी अंग्रेज़ी शब्द meteor का अर्थ है कोई 'वायुमंडलीय' वस्तु । वस्तुतः उल्काएँ 'आकाशीय पत्थर' हैं । प्रति दिन लाखों उल्काएँ पृथ्वी के वायुमंडल में प्रवेश करती हैं । सौभाग्य से बहुत कम पृथ्वीतल तक पहुँच पाती हैं । अपनी तीव्र गति के कारण उल्काएँ रगड़ से उत्पन्न गर्मी के कारण वायुमंडल में ही जल उठती हैं और धूल के रूप में पृथ्वी पर गिरती हैं । वायुमंडल में इनके जलने के कारण प्रकाश की एक रेखा दिखाई पड़ती है ।

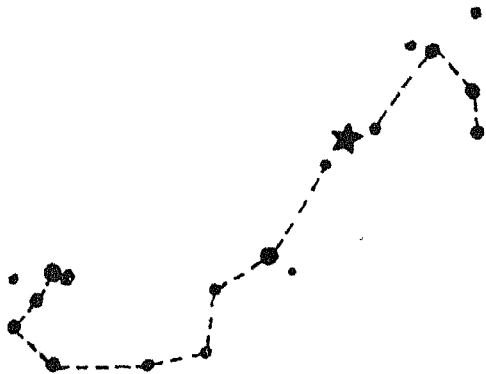
1.5 तारा-मंडल

बहुत से तारे खगोल पर एक गुट में इकट्ठे हुए प्रतीत होते हैं । तारों के इन गुटों को तारा-मंडल कहते हैं । प्राचीन काल के ज्योतिर्विदों की कल्पना में खगोल पर ये तारा-समूह बड़े जानवरों की रूपरेखा या मानव की आकृति बनाते प्रतीत होते थे । अतएव तारा-मंडलों का नामकरण इन आकृतियों के अनुरूप किया गया । वास्तव में किसी तारा-मंडल के सब तारे अंतरिक्ष में कदाचित् ही पास-पास होते हैं । एक ही दिशा में हमसे भिन्न-भिन्न दूरियों पर स्थित तारे हमारी आँखों को पास-पास दिखते हैं यद्यपि वास्तव में वे पास-पास नहीं होते ।

इन तारा-मंडलों का अध्ययन नाविकों के लिए बहुत उपयोगी रहा है । यह कहा जाता है कि वह आदमी जो इन तारों को जानता है कभी भी ज़मीन पर या समुद्र में या आकाश में पूर्ण रूप से भटक नहीं सकता बशर्ते कि आकाश साफ़ हो ।

1.6 क्रान्तिवृत्त और राशि

आकाश में दिखने वाले सभी पिंडों में प्रधान निस्संदेह सूर्य है । तारों की पृष्ठभूमि में खगोल पर सूर्य के वार्षिक मार्ग को क्रान्तिवृत्त कहते हैं । (अंग्रेज़ी में इसे इक्लिप्टिक इस कारण

कहते हैं कि इक्लिप्स अर्थात् ग्रहण तभी होता है जब पूर्णमासी अथवा अमावस्या के दिन चंद्रमा इस वृत्त के समीप हो।) क्रान्तिवृत्त वह वृत्त है जिस पर सूर्य वर्ष भर पृथ्वी के गिर्द चलता प्रतीत होता है। चूंकि सूर्य के तेज़ प्रकाश के कारण तारों के प्रकाश फीके पड़ जाते हैं, शताब्दियों तक धैर्य के साथ लिए गए प्रेक्षण के बाद ही विभिन्न तारा-मंडलों में सूर्य के मार्ग की जानकारी हो सकी। इन तारा-मंडलों के द्वारा खगोल पर एक पेटी सी बनती है, इसे राशिचक्र कहते हैं। राशिचक्र को बारह बराबर भागों में बाँटा गया है और प्रत्येक भाग को राशि कहते हैं। सारणी 1.1 में इनके अंग्रेज़ी और भारतीय नाम दिए गए हैं।

चित्र 1.1 वृश्चिक

सारणी 1.1

सौर राशिचक्र के नाम

क्रम संख्या	अंग्रेज़ी नाम	हिन्दी नाम
1.	Aries	मेष
2.	Taurus	वृष
3.	Gemini	मिथुन
4.	Cancer	कर्क
5.	Leo	सिंह
6.	Virgo	कन्या
7.	Libra	तुला
8.	Scorpio	वृश्चिक
9.	Sagittarius	धनु
10.	Capricorn	मकर
11.	Aquarius	कुंभ
12.	Pisces	मीन

सौर राशिचक्र के अतिरिक्त भारतीय ज्योतिषियों ने एक चान्द्र राशिचक्र को भी माना है जिसके सत्ताईस भाग होते हैं जिन्हें नक्षत्र कहते हैं। यह नक्षत्र निकाय जिसे चान्द्रभवन कहते हैं, विशिष्टतः भारतीय प्रतीत होता है (रोहिणी और कृत्तिका इन नक्षत्रों के उदाहरण हैं)।

1.7 भूकेन्द्रीय तथा सूर्यकेन्द्रीय निकाय, धूमकेतु तथा सौर परिवार

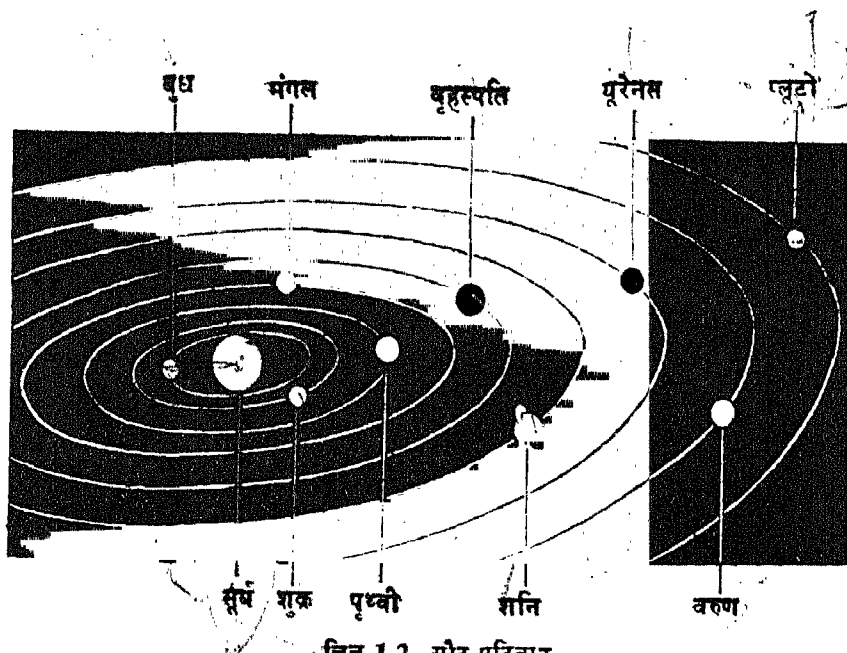
प्राचीन काल के अधिकांश ज्योतिषियों का विश्वास था कि पृथ्वी सारे विश्व का केन्द्र है और खगोल, जिसमें तारे, ग्रह, सूर्य, चंद्रमा,आदि आकाशीय पिंड स्थित हैं, पृथ्वी के चारों ओर घूमता है। विश्व की इस प्रतिमूर्ति को भूकेन्द्रीय निकाय कहते हैं। पाँचवीं शताब्दी में भारतीय ज्योतिषी आर्यभट ने यह प्रस्ताव किया कि भूस्थिरता एक भ्रांति है। उनका विचार था कि वास्तव में पृथ्वी अपनी धुरी के चारों ओर घूमती है। जिसके कारण सूर्य और अन्य तारे उदित और अस्त होते हुए प्रतीत होते हैं। ग्रीस और अन्य देशों के कुछ दार्शनिकों ने भी ऐसा ही अनुमान किया था।

आर्यभट का कार्य सोलहवीं शताब्दी के प्रथमार्ध तक अंधकार में रहा। पोलैंड के ज्योतिषी कोपरनिकस ने इसका पुनः प्रवर्तन किया। साथ ही कोपरनिकस ने विश्व की एक दूसरी प्रतिमूर्ति को प्रतिपादित किया जिसे सूर्यकेन्द्रीय निकाय कहते हैं अर्थात् जिसका केन्द्र सूर्य है और जिसमें पृथ्वी समेत सभी ग्रह सूर्य के चारों ओर संवृत्त पथों या कक्षाओं में घूमते हैं। ग्रहों की कक्षाओं की ज्यामितीय शक्ल और उनके द्वारा अपनी विभिन्न कक्षाओं में एक परिक्रमा पूरी करने के काल के नियमों की खोज बाद में केपलर ने की। कुछ समय पश्चात् न्यूटन ने यह सिद्ध किया कि ग्रहों की गति संबंधी केपलर के नियमों को गति के नियमों और गुरुत्वाकर्षण के नियम की सहायता से प्राप्त किया जा सकता है। गैलीलियो ने सर्वप्रथम दूरबीन से खगोलीय प्रेक्षण किए। सूर्यकेन्द्रीय पद्धति का समर्थन करने के कारण उसे सताया गया।

जिस तरह ग्रह सूर्य के चारों ओर घूमते हैं उसी तरह कुछ छोटे पिंड कुछ ग्रहों के गिर्द घूमते हैं। इन्हें उपग्रह कहते हैं। चंद्रमा पृथ्वी का प्रकृत उपग्रह है। वृहस्पति के कुछ उपग्रहों की खोज गैलीलियो ने की थी। इसके चार बड़े उपग्रह एवं नौ छोटे उपग्रह हैं।

कभी-कभी कोई चमकीला पिंड आकाश में सूर्य की ओर आता दिखाई पड़ता है जिसे धूमकेतु कहते हैं। जब ये सूर्य के समीप आते हैं तब उनमें पूंछ की तरह की एक संरचना उत्पन्न होती है। जितना ही वे सूर्य के समीप आते हैं उतनी ही यह संरचना लंबी होती जाती है। अन्त में वे सूर्य के गिर्द घूमकर उससे दूर चले जाते हैं। कुछ धूमकेतु निश्चित काल के बाद बार-

बार आते हैं। इन्हें आवर्ती धूमकेतु कहते हैं। हैली का धूमकेतु, जिसका आवर्तन काल लगभग 76 वर्ष है, बहुत प्रसिद्ध धूमकेतु है और सन् 1986 ई० में आने वाला है।

सूर्य और उसके गिर्द घूमने वाले ग्रह, उपग्रह, धूमकेतु, क्षुद्रग्रह आदि से सौर परिवार बनता है।

चित्र 1.2 सौर परिवार

ग्रहों के विषय में कुछ सुविदित तथ्यों का संक्षिप्त विवरण सारणी 1.2 में दिया गया है।

1.8 सूर्य

सूर्य बहुत उच्च ताप पर गैस का बड़ा पुंज है। इसका मुख्य घटक हाइड्रोजन है। हाइड्रोजन के नाभिक निरंतर हीलियम के नाभिकों में परिवर्तित होते रहते हैं। इस प्रक्रिया के

सारणी 1.2

सौर परिवार के विषय में कुछ महत्त्वपूर्ण तथ्य

	बुध	शुक्र	पृथ्वी	मंगल	वृहस्पति	शनि	यूरेनस	नेप्ट्यून	प्लूटो
1. औसत दूरी (खगोलीय मात्रक में)	0.387	0.72	1.00	1.52	5.2	9.73	19.2	30.1	39.6
2. सूर्य के गिर्द एक परिक्रमण का समय	88 दिन	225 दिन	365.25 दिन	687 दिन	12 वर्ष	29 वर्ष	84 वर्ष	165 वर्ष	249 वर्ष
3. द्रव्यमान (पृथ्वी के द्रव्यमान के मात्रक में)	0.05	0.8	1.00	0.1	318	95	15	17	0.9
4. अर्धव्यास (10^8 सेमी में)	2.5	6.2	6.4	3.4	69.8	57.6	25.5	25.0	6.4
5. धुरी के चतुर्दिक् घूमने का समय	88 दिन	बहुत मंद परिभ्रमण	24 घंटे	25 घंटे	10 घंटे	10 घंटे	11 घंटे	12 घंटे	—
6. आपेक्षिक घनत्व	4.1	4.9	5.5	3·9	1·3	0.7	1.3	1.6	5.5
7. वायुमंडल	अनुमानतः वायुमंडल-हीन	मुख्यतः CO_2 और थोड़ी मात्रा में O_2	N_2, O_2, CO_2, जलवाष्प	O_2 की मात्रा कुछ शतांश और कुछ CO_2	CH_4, NH_3, तथा H_2 बड़ी मात्रा में	CH_4 तथा NH_3	वायुमंडल में CH_4	वायुमंडल में CH_4	अनुमानतः वायुमंडल-हीन.

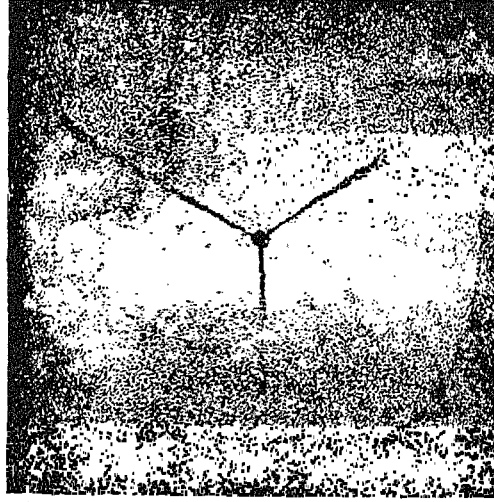
फलस्वरूप ऊष्मा, प्रकाश तथा अन्य रूपों में ऊर्जा की वृहत् मात्रा उत्पन्न होती है और सूर्य से विकरित होती है ।

चूंकि सूर्य गैस का बड़ा पुंज है, इसकी कोई निश्चित सतह नहीं होती । जिसे सूर्य की सतह के रूप में हम देखते हैं उसे तकनीकी भाषा में 'प्रकाश-मंडल' कहते हैं । सूर्य की सतह पर ताप लगभग 6000°C होता है, परंतु उसके क्रोड़ के ताप का अनुमान लगभग 2 करोड़ अंश सेल्सियस का है ।

1.9 मंदाकिनी, विश्व

जिस तरह सूर्य, ग्रह और कुछ अन्य आकाशीय पिंड मिलकर एक समूह अथवा परिवार बनाते हैं, उसी प्रकार बहुत से तारे परस्पर मिलकर तारों का एक परिवार बनाते हैं जिसे मंदाकिनी कहते हैं । रात में जब बादल न हों, चन्द्रोदय के पहले एक धुँधली अस्पष्ट श्वेत पट्टी क्षितिज के एक छोर से दूसरे छोर तक फैली दिखाई देती है । इसे आकाश-गंगा कहते हैं । दूरबीन द्वारा देखने पर यह पता चलेगा कि आकाश-गंगा वस्तुतः बहुत से तारों की बनी हुई है जो एक दूसरे के अत्यंत पास हैं । वास्तव में सौरमंडल के समीप के तारे, स्वयं सूर्य और आकाश-गंगा के सभी तारे एक मंदाकिनी के सदस्य हैं ।

आकाश-गंगा के अतिरिक्त बहुत सी अन्य मंदाकिनियों का पता लगा है । प्रारंभ में अल्प आवर्धन क्षमता के दूरबीनों द्वारा देखने पर मंदाकिनियाँ अस्पष्ट धुँधले पुंजों की तरह दिखी थीं । इस कारण इन्हें नीहारिका कहा गया । नीहार का अर्थ है कुहरा । अतएव नीहारिका का अर्थ है अस्पष्ट । नीहारिकाएँ विभिन्न शक्लों की होती हैं परंतु अधिकांशतः इन का स्वरूप सर्पिल होता है । एँड्रोमिडा तारा-मंडल में एक नीहारिका है जो कठिनाई से आँखों की ही सहायता से देखी जा सकती है ।

इस तरह हमारा विश्व अनेक मंदाकिनियों तथा अन्य आकाशीय पिंडों का बना है । आधुनिक काल के एक सिद्धांत के अनुसार वर्तमान विश्व का एक आदि क्षण था । कई करोड़ वर्ष पहले अपनी उत्पत्ति के समय विश्व बहुत छोटे आकार का था और तब से यह बड़े पैमाने पर फैल रहा है । विश्व के इस फैलाव के कारण खगोलीय पिंडों के बीच की दूरियों को समय के साथ बढ़ना चाहिये । यद्यपि प्रयोगों द्वारा इस विशिष्ट प्रागुक्ति का सत्यापन हुआ है, विश्व की उत्पत्ति अब भी वैज्ञानिक चिन्तन का विषय है ।

चित्र 1.3 आकाश-गंगा

1.10 प्राचीन भारत में ज्योतिष

वैदिक काल में ज्योतिष का अच्छा विकास हो गया था । ऋग्वेद काल में खगोल के स्थिर तारों में चन्द्रमा का गमन ज्ञात था और चांद्र मास की लंबाई असाधारण शुद्धता के साथ ज्ञात थी ।

ईसा से पहले पाँचवीं शताब्दी में प्राथमिक ज्योतिषीय ग्रंथ लिखे गए जिन्हें संहिता कहते हैं । भारत और अन्य देशों के बीच ज्योतिषीय ज्ञान का यथेष्ट आदान प्रदान था । जैसा पहले बताया जा चुका है, प्रसिद्ध भारतीय गणितज्ञ एवं ज्योतिषी आर्यभट ने भूगतीय सिद्धांत का सुझाव दिया, अधिक स्पष्ट रूप में कहा जाय तो आर्यभट का विश्व भूकेन्द्रिक है, पर भूस्थिर नहीं । उसने ग्रहणों की भी ठीक व्याख्या की । छठी शताब्दी में वराहमिहिर ने अपना स्मरणीय ग्रंथ पंचसिद्धान्तिका लिखा जिसमें उस समय के पूर्ण ज्योतिष सिद्धांत का वर्णन है । रोमक और पौलिश सिद्धांतों का भी इस में समावेश किया गया है । ये पाश्चात्य पद्धति के थे ।

भारतीय ज्योतिष इतना उन्नत था कि बग़दाद के खलीफ़ाओं की सेवा में भारतीय ज्योतिषी होते थे। दूरबीन की सहायता के बिना ही प्रेक्षण की विधियों में दक्षता प्राप्त कर ली गई थी और पृथ्वी एवं चंद्रमा के व्यासों को असाधारण शुद्धता से ज्ञात कर लिया गया था। वर्ष का मान कई लाख में एक भाग की शुद्धता से ज्ञात कर लिया गया था। सिद्धांतों में गुरुत्वाकर्षण का भी उल्लेख है : "पृथ्वी अपनी आकर्षण शक्ति से वस्तुओं को अपनी ओर खींचती है।" परंतु भारतीय ज्योतिषियों ने कुछ ग़लतियाँ भी की थीं। परंतु सब बातों को देखते हुए प्राचीन भारत में ज्योतिष का विकास बहुत आश्चर्यजनक था और विज्ञान की इस शाखा की अपनी विरासत पर सभी भारतीय गर्व कर सकते हैं।

अभ्यास

1. ग्रहों और तारों का भेद आप कैसे जानेंगे ?

2. धूमकेतु तथा सौर परिवार के अन्य सदस्यों में क्या अंतर है ?

3. प्राचीन काल के भारतीय ज्योतिषियों के कुछ महत्वपूर्ण प्रेक्षणों को बताइए जिनका सत्यापन आधुनिकतम खोजों से हुआ है।

4. संक्षेप में केपलर तथा कोपरनिकस के ज्योतिष में योगदान का वर्णन कीजिए।

5. निम्नलिखित में कौन-सा ग्रह सूर्य के सबसे समीप है ?
   (a) पृथ्वी, (b) वृहस्पति, (c) बुध, (d) मंगल, (e) शुक्र

6. निम्नलिखित में कौन सबसे बड़ा ग्रह है ?
   (a) पृथ्वी, (b) वृहस्पति, (c) मंगल, (d) बुध, (e) शुक्र

7. स्तम्भ 'ब' के वर्णन के लिए स्तम्भ 'अ' में दिए विषय से ठीक संबंध स्थापित कीजिए। प्रत्येक विषय का उपयोग केवल एक बार कीजिए।

स्तंभ अ	स्तंभ ब
(a) क्षुद्रग्रह	(i) पहचानने योग्य आकृति बनाते हुए तारे
(b) धूमकेतु	(ii) बाह्य अंतरिक्ष से आने वाले ठोस पिंड
(c) तारा-मंडल	(iii) विश्व में अनियमित रूप से फैले हुए तारों एवं उनके परिवारों का गुच्छ
(d) मंदाकिनी	(iv) आकाश में सूर्य के चारों ओर निश्चित कक्षा में घूमने वाला घुमक्कड़ बड़ा खगोलीय पिंड
(e) उल्का	(v) सूर्य के गिर्द घूमते हुए छोटे खगोलीय पिंडों की पट्टी
(f) ग्रह	(vi) प्रकाशमय खगोलीय पिंड जिसकी प्रकाशयुक्त रैखिक पूँछ हो
(g) उपग्रह	(vii) कोई पिंड जो नियमित कक्षा में किसी अन्य बड़े पिंड के गिर्द घूमता हो

अध्याय 2

सजीव जगत : एक परिचय

2.1 पौधों तथा जन्तुओं के विशिष्ट लक्षण

पौधों और जन्तुओं के जीवन और आचरण से तुम पहले ही से परिचित हो। तुम जानते हो कि ये सब जीवित हैं। जीवित शब्द का क्या अभिप्राय है ? जीव क्या है ? सजीव के क्या लक्षण या गुण हैं ? कैसे वे निर्जीवों के समान या असमान हैं ? जीवित तथा अजीवितों में सबसे स्पष्ट अन्तर यह है कि जीवित कुछ कार्य या जीव क्रियाएँ कर सकते हैं जब कि अजीवित इन क्रियाओं को नहीं कर सकते हैं। ये जीव क्रियाएं क्या हैं ? अपने पूर्व ज्ञान के आधार पर तुम इनकी एक सूची बना सकते हो, जैसे—उपापचय, वृद्धि, प्रजनन, उद्दीपन की अनुक्रिया तथा जीव की विशिष्ट संरचना है।

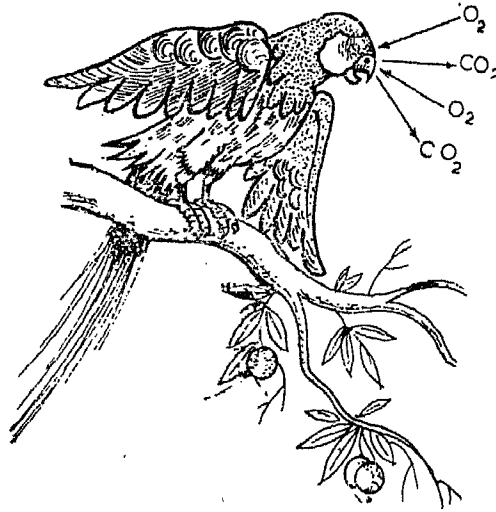
2.1-1 उपापचय

सभी जीवों में बहुत सी रासायनिक क्रियाएं सदैव होती रहती है। रासायनिक क्रियाएं जीव क्रिया का आधार हैं। इन क्रियाओं की अनुपस्थिति में "जीवित पदार्थ" (प्रोटोप्लाज़्म) जीवित नहीं रह सकता है। ये क्रियाएं सम्मिलित रूप से उपापचय कहलाती हैं। इसमें दो प्रकार की उपचय (ऐनाबोलिज़्म) तथा अपचय (केटाबोलिज़्म) क्रियाएं सम्मिलित की जाती हैं।

पौधे जल, खनिज लवण, कार्बन डाइआक्साइड अपने वातावरण एवं भूमि से प्राप्त करते हैं। इन कच्ची सामग्रियों से कार्बोहाइड्रेट, वसा तथा प्रोटीन आदि का संश्लेषण होता

है। इस प्रकार बने कार्बनिक पदार्थों से ही उसकी शरीर-वृद्धि होती है तथा इनके उपयोग से ही वह जीवित रह पाता है।

अपने आप को जीवित रखने के लिए तथा वृद्धि करने के लिए पक्षी फल खाता है। पक्षी को जीवित रखने वाली सारी चीज़ें उसे भोजन से मिल जाती हैं। अतः उपापचय के इस पहलू को पोषण कहते हैं। भोजन मूलतः एक जीव के शरीर के निर्माण के लिए सामग्री प्रदान करता है।

उपापचय का दूसरा पहलू श्वसन है (चित्र 2.1)। एक जीव के द्वारा की गई किसी भी क्रिया के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है। तुम बात करो, चलो या दौड़ो, ये सब तभी संभव है जब तुम में पर्याप्त ऊर्जा हो। जो भोजन तुमने खाया है उसकी ऊर्जा श्वसन क्रिया द्वारा तुम्हें उपलब्ध होती है। यह ऊर्जा शरीर के विभिन्न अंगों में संचित हो जाती है। पौधों को भी जो ऊर्जा चाहिए वह भोजन से ही मिलती है जो वे संश्लेषित करते हैं। श्वसन द्वारा प्राप्त ऊर्जा का उपयोग बाकी सभी जैव क्रियाओं को संपादित करने में होता है।

चित्र 2.1 श्वसन एक उपापचय क्रिया है। सभी स्थलीय जन्तु वायु से श्वसन करते हैं। वायु में आक्सीजन पाई जाती है।

उपापचय से संबंधित एक और प्रक्रिया है—उत्सर्जन, जिसके द्वारा वर्ज्य पदार्थों का निराकरण होता है। यह जन्तुओं में विशेषत: स्पष्ट होता है। जब जीव बहुत सी परस्पर संबंधित रासायनिक क्रियाएँ करता है तो अनैच्छिक वर्ज्य पदार्थ भी सदैव बनते हैं। ऐसे पदार्थों का इकट्ठा होना जीव की सामान्य क्रियाओं के लिए खतरा पैदा कर देता है। इस प्रकार सभी उत्सर्जी पदार्थ एकत्रित करके शरीर से बाहर उत्सर्जी तंत्र के द्वारा पहुँचाए जाते हैं। मूत्र, स्वेद (पसीना) तथा सांस के द्वारा छोड़ी गई कार्बन डाइआक्साइड कुछ उत्सर्जी पदार्थ हैं।

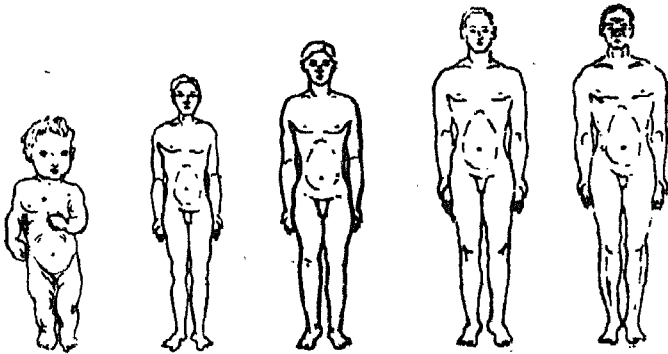
2.1-2 वृद्धि

उपापचय की प्रक्रिया में जब उपचय भाग अपचय भाग से अधिक होता है तो जीव की शारीरिक वृद्धि होती है। जीव में वजन, आकार या आयतन में अप्रत्यावर्ती बढ़ाव को वृद्धि कहते हैं। जैव पदार्थ का निर्माण उपापचय प्रक्रियाओं के परिणामस्वरूप होता है। यह जैव पदार्थ नए भागों में संगठित होता है तथा बहुधा पुराने भागों की जगह भी ले लेता है। तुम सभी एक बच्चे में वृद्धि के फलस्वरूप वयस्क बनने की क्रिया से परिचित हो। एक बीज अंकुरण के बाद पौधा बनता है (चित्र 2.2)।

2.1-3 प्रजनन

यह एक आम कहावत है कि सजातीय से सजातीय बनते हैं (लाइफ बिगेट्स लाइफ)। आम के पेड़ बीज बनाते हैं जिनसे अन्य आम के पेड़ पैदा होते हैं। कुतियाँ पिल्लों को जन्म देती हैं जो बाद में वयस्क कुत्ते बन जाते हैं। सभी जीवों का यह विशेष गुण है कि जो संतान वे उत्पन्न करते हैं वह उनके सदृश होती हैं (चित्र 2.3)। जीव प्रजनन द्वारा अपनी जाति को क़ायम रखते हैं। प्रजनन कई तरीक़ों से हो सकता है।

2.1-4 उत्तेजनशीलता या उद्दीपन

कुत्ता अपने स्वामी को देखकर पूंछ हिलाने लगता है। विभिन्न स्थिति में रखे गए अंकुरित बीजों में जड़ें सदैव गुरुत्वाकर्षण की दिशा में ही मुड़ती हैं। इसकी तुम क्या व्याख्या दोगे ? स्वामी को देखना एक उद्दीपन है जो कुत्ता अपनी आँखों के द्वारा ग्रहण करता है एवं

चित्र 2.2 वृद्धि प्राणी के भार, आकार या आयतन में होने वाली अपरिवर्तनशील बढ़ोतरी है। जन्तुओं में वृद्धि सीमित होती है परन्तु पौधों में असीमित होती है।

पूँछ हिलाकर उसकी प्रतिक्रिया करता है। दूसरे उदाहरण में गुरुत्वाकर्षण उद्दीपन है एवं जड़ों का गुरुत्वाकर्षण की तरफ बढ़ना प्रतिक्रिया है।

ध्यान से निरीक्षण करने पर तुम बहुत प्रकार के जीवों की प्रतिक्रियाशीलता को पहचान लोगे। पौधों की तुलना में जंतुओं की अनुक्रियाएँ आसानी से पहचान ली जाती हैं। संक्षेप में तुम कह सकते हो कि उद्दीपन के बाद प्रतिक्रिया सजीव वस्तुओं का एक लक्षण है। यह ज़रूरी नहीं कि उद्दीपन हमेशा शरीर के बाहर से आए। भूख तथा प्यास आंतरिक उद्दीपन हैं जिनकी प्रतिक्रिया के कारण जंतु भोजन या पानी की खोज में जाते हैं। क्या तुमने शाम को पौधों की पत्तियाँ झुकाए देखा है? क्या तुम जानते हो कि पौधे ऐसा क्यों करते हैं?

चित्र 2.3 प्रजनन जीवित प्राणियों का अत्यन्त आवश्यक लक्षण है।

2.1–5 संगठन

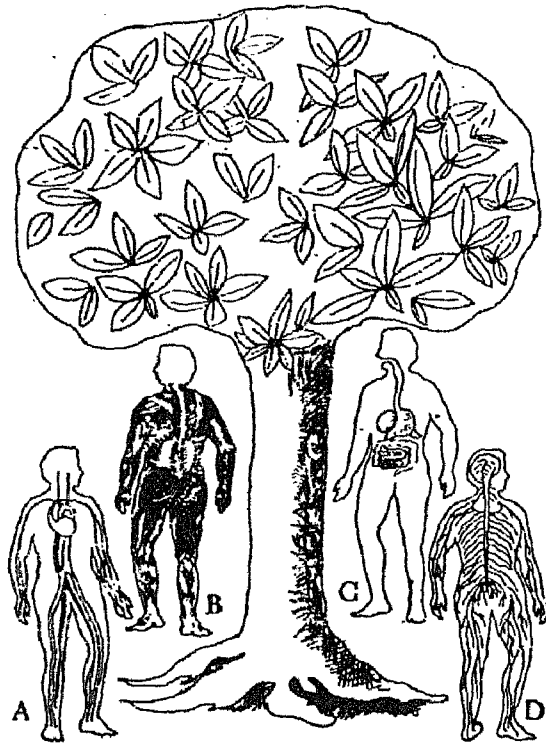
सजीव वस्तुएँ पदार्थों की तरह ही परमाणुओं की बनी होती हैं। विश्लेषण से पता चला है कि पौधे और जन्तु भी बहुत से तत्त्वों के बने हैं। एक जीव के शरीर में बहुत से परमाणु मिलकर सरल तथा जटिल अणु बनाते हैं। ऐसे अणु फिर मिलकर कोशिका की उपकोशिका इकाइयाँ जैसे केन्द्रक, माइटोकोंड्रिया, लवक और अन्य इकाइयाँ बनाते हैं। एक कोशिकीय जीवों में संगठन के इस स्तर पर ही जीवन की सारी जैव क्रियाएँ होती हैं। इससे ऊँचे स्तर का संगठन तुम ऊतक में देखोगे जो एक ही प्रकार की कोशिकाओं के बने होते हैं। विभिन्न अंग जैसे यकृत, हृदय, वृक्क, तना, पत्ती और जड़ आदि विभिन्न प्रकार के ऊतकों से बने हैं। परिसंचरण तंत्र, प्रजनन तंत्र और प्रकाश संश्लेषण तंत्र कई परस्पर संबंधित अंगों को जोड़ते हैं। एक समूचा जीव कई संस्थानों के आपस में एक लय में कार्य करने से बनता है (चित्र 2.4)। सभी बहुकोशिकीय जीवों में इस प्रकार का बहुस्तरीय संगठन स्पष्ट है। इस संगठन की सफलता का रहस्य विभिन्न भागों का आपस में समन्वित रूप में एक जीव की भाँति कार्य करना है।

इस चर्चा से तुमको स्पष्ट हो गया होगा कि जीवन पदार्थ का वह रूप है जिसमें कई विशिष्ट गुण हैं। निर्जीव वस्तुओं में वे गुण नहीं होते।

2.2 जीवन—पौधे में और जन्तुओं में

अभी तक सभी प्रकार के जीवों के आम लक्षणों का विवरण दिया गया है। फिर भी तुमने ध्यान दिया होगा कि पौधों और जन्तुओं में कुछ महत्त्वपूर्ण अन्तर हैं। वे क्या हैं?

2.2–1 पोषण

एक मुख्य अंतर इन दोनों वर्गों के जीवों में, इनके पोषण के तरीके में है। ज्यादातर पौधे अपने भोजन निर्माण के लिए स्वावलंबी होते हैं। पौधे क्लोरोफ़िल के व्यवहार से प्रकाश-संश्लेषण क्रिया द्वारा सरल कार्बोहाइड्रेट का निर्माण करते हैं। ये पौधे कई प्रकार के कार्बनिक पदार्थ जैसे वसा, प्रोटीन आदि भी, प्रकाश-संश्लेषण क्रिया में बने मूल पदार्थों से, बना सकते हैं। इसी कारण पौधों को उत्पादक कहते हैं। क्या तुम कोई ऐसा पौधा जानते हो जो अपना भोजन खुद नहीं बना सकता?

चित्र 2.4 पौधों की संरचना जन्तुओं की संरचना से भिन्न होती है। कुछ और संस्थान जो कि मानव में पाये जाते हैं पौधों में अनुपस्थित होते हैं (A) परिसंचरण तन्त्र (B) मांसपेशी तन्त्र (C) पाचन तन्त्र, तथा (D) तन्त्रिका तन्त्र

जन्तु अपना भोजन पौधों की तरह साधारण कच्ची सामग्री से तैयार नहीं कर सकते। वे अन्य जीवों का या उनके द्वारा तैयार किए गए भोजन का उपभोग करते हैं। साधारणतः यह भोजन जटिल कार्बनिक पदार्थों, जैसे, प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट तथा वसा के रूप में होता है। इसीलिए जन्तुओं को **उपभोक्ता** कहते हैं। क्या तुम कोई ऐसा जन्तु जानते हो जो पौधों की तरह अपना भोजन खुद बना सकता हो ?

2.2–2 गति

अधिकतर जन्तु एक स्थान से दूसरे स्थान पर जा सकते हैं। साधारणतः पौधे एक ही स्थान पर स्थिर रहते हैं। वे पानी व खनिज लवण ज़मीन से जड़ें फैलाकर और कार्बन डाइआक्साइड पत्तियों द्वारा वायुमंडल से प्राप्त कर लेते हैं। एक जन्तु को भोजन के लिए स्थान परिवर्तन करना आवश्यक है। हिरण अगर इधर-उधर चरने के बजाय एक ही स्थान पर ठहरा रहेगा तो उसका भोजन समाप्त हो जाएगा। इसलिए उसे भोजन के लिए चलना आवश्यक है।

2.2–3 संरचना में अन्तर

पाचन तन्त्र परिसंचरण तन्त्र और तंत्रिका तन्त्र जन्तुओं में अधिक विकसित होते हैं। जटिल कार्बनिक भोजन का शरीर में स्वांगीकरण होने से पहले उसका सरल पदार्थों में बदलना या पाचन होना आवश्यक है, इसीलिए पाचन तन्त्र होता है। पचे हुए भोजन और आक्सीजन का वितरण परिसंचरण तन्त्र के द्वारा होता है। गति के लिए किसी भी जन्तु में पेशी तथा गति अंगों का होना आवश्यक है। किसी जन्तु की उचित गति तभी सम्भव है जब गति अंगों और तंत्रिका-तंत्र का परस्पर-संबंध हो। यह परस्पर संबंध दूसरे अंगों के लिए भी आवश्यक है। भली भाँति विकसित ज्ञानेन्द्रियाँ जन्तु को भोजन चुनने, शत्रु से बचने और दूसरे उद्दीपनों की अनुक्रिया में मदद करती हैं। जन्तुओं में उत्सर्जन तन्त्र भली भाँति बना होता है जिससे उपापचय में बने हानिकारक पदार्थ निकल जाते हैं।

प्रायः पौधों के बाहरी भाग से ही हवा का विनिमय होता है। वह उद्दीपन की प्रतिक्रिया भी करते हैं लेकिन उनमें तंत्रिका-तन्त्र नहीं होता। पानी और सरल कार्बनिक पदार्थों का परिवहन अलग-अलग रास्तों के द्वारा होता है जिनको ज़ाइलम तथा फ्लोएम कहते हैं। कार्बनिक खाद्य-पदार्थ कोशिका में ही बनते और टूटते हैं। उनके पुराने अंगों के साथ पदार्थ भी शरीर के बाहर हो जाते हैं, जैसे पेड़ की छाल का गिरना।

2.2–4 वृद्धि

जन्तु बहुत कम समय में वृद्धि करते हैं और पूर्ण आकार प्राप्त कर लेते हैं। अक्सर उनमें बाद में कोई प्रत्यक्ष बढ़ोतरी नहीं होती। यह जन्तुओं के जीवन के लिए लाभदायक है वरना एक जन्तु में अनियंत्रित वृद्धि उसके इधर-उधर गति करने में भी रुकावट पैदा कर देती।

पौधे लगातार वृद्धि करते रहते हैं। उनके लिए गति समस्या नहीं है। वह अधिक से अधिक जड़ें फैलाकर पर्याप्त पानी और खनिज लवण अवशोषित कर लेते हैं तथा अधिक शाखाओं और पत्तियों को उत्पन्न करके अपनी भोजन क्षमता को बढ़ा लेते हैं। यह वृद्धि बहुधा प्रजनन का भी नियंत्रण करती है।

2.2–5 कोशिका संरचना

पादप कोशिकाएँ एक दृढ़ सेलुलोज भित्ति से घिरी रहती हैं। वास्तव में तुम यह कह सकते हो कि कोशिका भित्ति पौधे का कंकाल बनाती है। जन्तु कोशिकाएँ केवल एक झिल्ली से घिरी रहती हैं। पौधों में लवक (प्लास्टिड) होता है। इनमें से वे लवक जिनमें क्लोरोफ़िल होता है, कवक वर्ग को छोड़कर सभी पौधों में पाए जाते हैं। जन्तु कोशिक़ाओं में हरे लवक मौजूद नहीं होते। तारककाय (सेन्ट्रोसोम), जो कि माइटोसिस में महत्वपूर्ण है, पौधे की कोशिकाओं में नहीं पाया जाता है। विभिन्न आकार की रिक्तिकाएँ पौधे की कोशिकाओं में पाई जाती हैं। जन्तुओं में बहुत कम ऐसे आकार की रिक्तिकाएँ होती हैं जो देखी जा सकें।

2.3 जन्तुओं और पौधों की विभिन्नताएँ

इस अध्याय के प्रथम भाग में तुमने जीवित वस्तुओं के गुण जीवित तथा अजीवितों के भेद तथा पौधों एवं जन्तुओं में अन्तर के बारे में ज्ञान प्राप्त किया है। अब हम इस पृथ्वी पर पाये जाने वाले पौधों तथा जन्तुओं की विभिन्नता के बारे में सूक्ष्म अध्ययन करेंगे। इस विभिन्नता में एक ओर इस अद्भुत संसार के सूक्ष्म जीव जैसे कि बैक्टीरिया, अन्य एककोशीय पादप तथा प्रोटोज़ोआ वर्ग के प्राणी आते हैं तो दूसरी ओर वट-वृक्ष, हाथी तथा स्वयं मनुष्य आता है। यथार्थ में इस पृथ्वी पर विभिन्न पौधे एवं प्राणी पाये जाते हैं (चित्र 2.5)।

जीव विज्ञान ने बैक्टीरिया से भी अधिक सूक्ष्म अस्तित्व वायरस को खोज निकाला है। यह सूक्ष्म माइक्रोस्कोपी कण जो कि सामान्यतः ज्यामितीय आकृति के होते हैं, जीवित तथा

चित्र 2.5 कुछ भिन्न-भिन्न प्रकार के जन्तु जो पृथ्वी पर दिखाई देते हैं। 1. मधुमक्खी, 2. चिमगादड़, 3. पेलीकन, 4. हैरिंग गुल, 5. बड़े सींगों वाला उल्लू, 6. ड्रेगनफ्लाई, 7. स्टेरलिंग, 8. कौवा, 9. जंगली टर्की, 10. केब्सबैक, 11. गोल्डन ईगल, 12. पेरीग्रिएन फेलकोन, 13. अबाबील, 14. मेंढक, 15. सर्प, 16. हाथी, 17. जिराफ, 18. ऊँट, 19. चूहा, 20. बिसन, 21. मनुष्य, 22. घोड़ा, 23. सूअर, 24. वीसिल, 25. बिल्ली, 26. कुत्ता, 27. ग्नू, 28. गेजिल, 29. खरहा, 30. लोमड़ी, 31. चीता, 32 से 35. विभिन्न प्रोटोजोआ, 36. श्रिम्प, 37. ईल, 38. डोल्फिन, 39. ह्वेल, 40. ट्राउट, 41. फ्लाइंग फिश, 42. टुना, 43. सेलफिश।

अजीवितों के मध्य रखे जाते हैं। वाइरस जब किसी जीवित कोशिका में होते हैं तो ये अत्यधिक तेजी से प्रजनन कर सकते हैं। प्रजनन जीवितों का सर्वप्रमुख गुण है।

अगर तुम अपने चारों ओर देखो तो तुमको बहुत प्रकार के पौधे तथा जन्तु दिखाई देंगे। उनको ध्यान से देखो। क्या वे एक दूसरे से संरचना, शक्ल, आकार तथा स्वभाव एवं अपनी जीवन सम्बन्धी क्रियाओं में भिन्न नहीं हैं, हाँ वे हैं।

एक छोटे से स्थान में भी यानि तुम्हारे गाँव या शहर में भी भिन्न-भिन्न प्रकार के जीवधारी आवास की प्राकृतिक अवस्थाओं के अनुसार पाये जाते हैं। जैसे कुछ घास के मैदान, तालाब, नदी, जंगल तथा अन्य स्थानों पर पाये जाते हैं। यह भिन्नता मौसम के अनुसार भी होती है। क्या तुम पूरे वर्ष अपने गाँव में एक ही जैसे कीट या पक्षी देखते हो?

अब, अगर तुम सम्पूर्ण पृथ्वी पर पौधों तथा जन्तुओं का वितरण देखो तो तुम पाओगे कि पारिस्थितिकी स्थितियाँ (जिसमें प्रकृति के प्राकृतिक आवास-तापमान, सूर्य की रोशनी, आर्द्रता, वर्षा आदि) जीवों की भिन्नता में प्रमुख कार्य करती हैं।

ध्रुवों के विशिष्ट जीव (ध्रुवीय भालू, वालरस, सील तथा पैंग्विन आदि) रेगिस्तान के (कैक्टस, कटीली झाड़ियाँ, खजूर, रेगिस्तानी सर्प, तथा अन्य छिपकली के समान प्राणी) जीवों से भिन्न होते हैं। यही नहीं, उष्ण कटिबंधी क्षेत्रों यहाँ तक कि घने जंगलों के जीव ('ओरकिड', बाँस, भिन्न-भिन्न प्रकार के पक्षी तथा स्तनधारी) भी एक दूसरे से भिन्न होते हैं। समुद्र में समुद्री खर पतवार, 'जैलीफिश', स्टारफिश, ओक्टोपस, शार्क, ह्वेल आदि बहुत से जीव-जन्तु पाये जाते हैं।

भारत एक बड़ा देश है। इसके विभिन्न भागों में विभिन्न पारिस्थितिकी स्थितियों में असंख्य भिन्न-भिन्न प्रकार के पौधे तथा जन्तु पाये जाते हैं। उत्तरीय सीमा पर हिमालय है जो कि वनस्पतियों तथा प्राणियों का धनी क्षेत्र है। इस क्षेत्र की वनस्पतियों में 'पाइन' (देवदार), 'रोडडेन्ड्रन', 'मग्नोलिया', भुर्ज, फर्न तथा मॉस प्रमुख हैं। प्राणियों में, काश्मीर स्टेग (कश्मीरी बारहसिंघा), हिमालयी पन्डा, 'उड़न गिलहरी', विभिन्न पक्षी आदि पाये जाते हैं। भारतीय प्रायद्वीप के प्राणियों में धब्बेदार या चित्तीदार हिरण, नीलगाय, गौर, साँभर, 'बक' (हिरन की तरह का काला प्राणी), एन्टीलोप, भालू आदि प्रमुख हैं। इस क्षेत्र के वृक्षों में कटीले बबूल, 'टीक', बाँस प्रमुख हैं। हिमालय के पूर्वी तराई क्षेत्र में घास के जंगलों में 'गेंडा' प्रमुख प्राणी है। गंगा के मैदान में बंगाल के सुन्दरवन के प्रसिद्ध 'बंगाली बाघ', गुजरात के गिर के जंगलों में 'भारतीय सिंह' प्रमुख प्राणी हैं। इस विवरण में केवल कुछ प्रमुख भारतीय प्राणियों तथा पौधों का वर्णन किया गया है, सबका वर्णन करना सम्भव नहीं है।

भारत में पाये जाने वाले कुछ विभिन्न पौधे तथा प्राणियों के उदाहरण

	प्रमुख वर्ग	उदाहरण
पौधे	(a) बैक्टीरिया	इशरशिया कोलाई, डिप्लोकोकस न्यूमोनिआई तथा अन्य
	(b) शैवाल	ओसीलिटेरिया, स्पाइरोगाइरा, वालवाक्स, यूलोथ्रिक्स तथा अन्य
	(c) कवक	यीस्ट, म्यूकर, खुम्बी आदि
	(d) ब्रायोफाइटा	लिवरवार्ट (रिक्सिया, मारकेन्शिया आदि) तथा मॉस की विभिन्न जातियाँ
	(e) टेरीडोफाइटा	विभिन्न फर्न
	(f) जिम्नोस्पर्म	विभिन्न प्रकार के 'चीड़'
	(g) एन्जियोस्पर्म	कमल, "वाटरलिली", "जलकुमुदिनी", बसका, सर्पगन्धा, नीम, बरगद, आम आदि
जन्तु	(a) प्रोटोजोआ	अमीबा, युग्लीना, पेरामीशियम आदि
	(b) पोरीफिरा	स्पंज
	(c) सीलेंटरेट	हाइड्रा, समुद्री एनीमोन, "जैलीफिश" आदि
	(d) हैलमिन्थिस	फ्लूक, टेपवर्म (फीताकृमि), गोलकृमि आदि
	(e) ऐनेलिडा	केंचुआ, जोंक, समुद्री केंचुए आदि
	(f) आर्थ्रोपोडा	तितली, "मोथ", टिड्डी, मधुमक्खी, काकरोच, मकड़ी, बिच्छू, झींगा, केकड़ा आदि
	(g) मोलस्का	'स्लग'; घोंघा, "मसिल" (यूनियो) ऑक्टोपस आदि
	(h) इकाइनोडरमेट	स्टारफिश, ब्रिटिलस्टार आदि
	(i) निम्न कारडेटा	"एकोर्न कृमि", एसीडियन, एम्फीओक्सस आदि
	(j) मत्स्य	रोहू, हिलसा, शार्क, सारडिन आदि
	(k) सरीसृप	सांप, छिपकली, क्रोकोडाइल (मगर), कछुआ आदि
	(l) पक्षी	मोर, मैना, घरेलू चिड़िया, कौवा आदि
	(m) स्तनधारी	हाथी, भेड़ा, शेर, बन्दर, सेही आदि

इतनी अधिक विभिन्नता के बावजूद भी यह पौधे तथा जन्तु एक दूसरे से कुछ समानताएँ दर्शाते हैं। यह समानताएँ उनके आकार में तथा कोशिकीय बनावट में होती हैं। यही नहीं,

विभिन्न पौधों तथा जन्तुओं के द्वारा की जाने वाली विभिन्न उपापचयी क्रियाओं में भी समानता होती है। इसके बारे में तुम अध्याय तेईस में अधिक ज्ञान प्राप्त करोगे।

सजीव वस्तुएँ उन्हीं पदार्थों से बनी हैं जिनसे दूसरी अन्य वस्तुएँ। पदार्थ की रचना का अध्ययन हम रसायन शास्त्र तथा भौतिकी में करते हैं। सजीवों का आधारभूत पदार्थ जीव द्रव्य है। इसकी संरचना इसके निर्माणक तत्वों तक जानी जा सकती है। जीव द्रव्य में कई प्रकार के कार्बनिक अणु होते हैं, जैसे—प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट, विटामिन, वसा आदि। सजीवों में जैव रासायनिक प्रक्रियाओं का अध्ययन एक आधुनिक प्रवृत्ति है। मानव शरीर में पाचन तन्त्र, संचरण तंत्र और उत्सर्जन तंत्र के अध्ययन में हमें पता चलता है कि इनके कार्यकलाप अच्छी प्रकार समझने के लिए हमें रसायन शास्त्र के ज्ञान की कितनी आवश्यकता है।

जीव-विज्ञान की विभिन्न वर्तमान समस्याओं को सही ढंग से समझने के लिए भौतिकी और रसायन शास्त्र का ही नहीं बल्कि गणित, भूगर्भशास्त्र, भूगोल और अन्य सामाजिक विज्ञानों का ज्ञान होना भी आवश्यक है।

सजीव जगत में मनुष्य का एक विशिष्ट स्थान है। वही एक ऐसा प्राणी है जिसने प्रकृति को समझा है तथा अपने वातावरण को नियंत्रित करने की कोशिश की है। उसके इस प्रयत्न में कई समस्याएँ तो सुलझ गईं पर बहुत-सी नई समस्याएँ पैदा भी हो गई हैं। ये समस्याएँ हैं : विकिरण का खतरा, अकाल, बढ़ती हुई आबादी और रोग। तुम आश्चर्य करोगे कि ऐसा कैसे हुआ। दुनिया के किसी भी भाग में परमाणु परीक्षण से उसके आस-पास के हर प्रकार के जीवों को बहुत हानि पहुँचती है। इससे पास तथा दूर के जीव-जन्तुओं में छोटे-छोटे आकस्मिक परिवर्तन आ सकते हैं। विकिरण के कुछ प्रभाव तो कई वर्षों तक पता ही नहीं चल सकते। जीव-वैज्ञानिक विकिरण के इन खतरों की चुनौती का सामना करने का प्रयत्न कर रहे हैं।

अकाल, अपोषण और कुपोषण आज भी विद्यमान हैं। जीव-विज्ञान के अध्ययन से इन समस्याओं को सुलझाया जा सकता है। जीव-विज्ञान मनुष्य के जीवन के लिए आवश्यक है। क्या यह मनुष्य को स्वयं के शरीर तथा मस्तिष्क को समझने में सहायक होता है? साधारणतः जीव-विज्ञान का उपयोग मनुष्य जाति के कल्याण के लिए बहुत अधिक हो सकता है। एक उदाहरण जो सबसे अधिक विचारणीय है वह "आनुवंशिक-इंजीनियरिंग" से संबंधित है। इसमें वैज्ञानिक मनुष्य के आनुवंशिक पदार्थ में परिवर्तन करके आनुवंशिक बीमारियों को ठीक करने का प्रयास कर रहे हैं जिससे मनुष्य जाति की विशेषताओं में उल्लेखनीय सुधार किए जा सकें। इस प्रकार जीव-विज्ञान निकट भविष्य में मनुष्य के सामाजिक जीवन में अत्यधिक आवश्यक कार्य करेगी।

मानव की प्रगति के रास्ते में आने वाली सबसे बड़ी बाधा उसकी बढ़ती हुई आबादी है। जनसंख्या वृद्धि ने मानव के वातावरण में कई समस्याएँ पैदा कर दी हैं। इससे मानव जाति के अस्तित्व को ही खतरा उत्पन्न हो गया है। आज जीव-वैज्ञानिक निम्नलिखित क्षेत्रों में प्रयत्नशील हैं :

1. जनसंख्या वृद्धि पर नियंत्रण।
2. मानव जाति के कल्याण के नए-नए तरीके।
3. हर प्रकार के प्रदूषण से वातावरण का बचाव।
4. उपलब्ध साधनों का सबके द्वारा बहुत समय तक उपयोग के लिए संरक्षण, नियंत्रण और समुचित वातावरण।

आधुनिक विज्ञान ने कई रोगों पर बहुत हद तक नियंत्रण पा लिया है। पर अभी अनेक व्याधियों पर विजय प्राप्त नहीं की जा सकी है। हृदय रोग, कैंसर, एलर्जी तथा विषाणु रोग इनमें से कुछ हैं।

उपरोक्त समस्याओं के अतिरिक्त जीव-वैज्ञानिक अन्य कई समस्याओं के समाधान में संलग्न हैं। इनमें से कुछ समस्याएँ हैं—जीन वंशानुगत गुणों का नियंत्रण कैसे करते हैं ? विभिन्न जैव प्रक्रियाएँ कैसे संपादित होती हैं ? धरती पर जीवन का प्रारंभ कैसे हुआ ? ये कुछ ऐसे प्रश्न हैं जिनका उत्तर देने के लिए वैज्ञानिक प्रयत्नशील हैं।

अभ्यास

1. उपापचय के विभिन्न रूप क्या हैं ?
2. तुमने पौधों तथा जन्तुओं में प्रजनन की विधियाँ पढ़ी हैं; उनका उदाहरण सहित वर्णन करो।
3. पौधों तथा जन्तुओं में अनुक्रियता के बारे में तुम क्या जानते हो ?
4. पौधों तथा जन्तुओं का एक-एक उदाहरण चुनकर उनका ध्यान से निरीक्षण करो। यह देखो कि क्या इनके बारे में पुस्तक में दी हुई भिन्नताएँ इनमें विद्यमान हैं ?
5. तुम कैसे कह सकते हो कि जन्तुओं तथा पौधों में अधिक समानता है जब तुम इनमें इतनी भिन्नताएँ देखते हो ?
6. तुम पौधों तथा जन्तुओं की विभिन्नता के बारे में क्या जानते हो ?

अध्याय 3

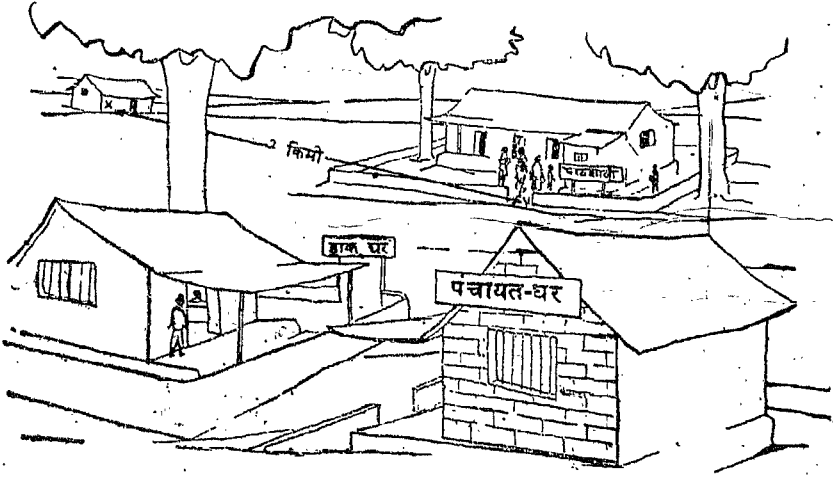
गति

हमारे दैनिक जीवन में, चाहे हम घर पर हों अथवा स्कूल या खेल के मैदान में, हमारे सामने गति के बहुत से दृष्टांत आते हैं। बैलगाड़ी, बस, मोटरगाड़ी, रेलगाड़ी और साइकिल सुपरिचित गतिशील वस्तुएँ हैं।

यदि हम गतिशील वस्तुओं का प्रेक्षण सावधानी के साथ करें तो हमें ज्ञात होता है कि वे समय के साथ अपनी स्थिति बदलती रहती हैं। इस कारण गति के अध्ययन में पहला क़दम वस्तुओं की स्थिति का वर्णन है। उदाहरण के लिए मान लीजिए कि आपका स्कूल आपके घर से 2 किमी है। क्या यह कहना ठीक होगा कि आपके स्कूल की स्थिति 2 किमी पर है? स्वभावतः कोई पूछेगा कि "कहाँ से 2 किमी ?" इस तरह हम देखते हैं कि किसी वस्तु की स्थिति किसी ज्ञात बिंदु की अपेक्षा जानी जाती है। उदाहरण के लिए आप के स्कूल की स्थिति का निर्धारण आपके घर, डाकखाना, पंचायत-घर आदि की अपेक्षा में करने की आवश्यकता है जैसा चित्र 3.1 में दिखाया गया है।

3.1 विस्थापन और दूरी

सदिश और अदिश : मान लीजिए पैमाने के अनुसार बने मानचित्र पर हम किसी स्थान की स्थिति जानना चाहते हैं। क्या यह कहना पर्याप्त होगा कि बंगलौर दिल्ली से 2000 किमी की दूरी पर है? स्पष्टतः उत्तर नकारात्मक है। कारण यह है कि बंगलौर की स्थिति जानने के लिए यह भी निर्धारित करना आवश्यक है कि दूरी को किस दिशा में नापना है। अतएव हमें यह कहना चाहिए कि बंगलौर दिल्ली से 2000 किमी दक्षिण में है। वे राशियाँ जिनमें परिमाण के साथ संबद्ध दिशा सम्मिलित रहती है, **सदिश राशियाँ** अथवा केवल **सदिश** कहलाती हैं।

वे राशियाँ जिनमें केवल परिमाण होता है, **अदिश राशियाँ** अथवा केवल **अदिश** कहलाती हैं।

चित्र 3.1 गाँव में स्थिति बताने का मानचित्र

ऊपर के दृष्टांत में दूरी तथा संबद्ध दिशा मिलकर एक राशि का ज्ञान कराते हैं जिसे **विस्थापन** कहते हैं। हमें ज्ञात होता है कि विस्थापन एक सदिश राशि है और दूरी अदिश राशि है। बहुत सी स्थितियाँ ऐसी होती हैं जिनमें स्वयं दूरी ही एक उपयोगी भौतिक राशि होती है जैसे बैलगाड़ी, मोटरगाड़ी अथवा रेलगाड़ी द्वारा किसी यात्रा में लगने वाले समय का अनुमान। भौतिक विज्ञान में हमें बहुत सी राशियाँ मिलती हैं जो सदिशों और अदिशों के दृष्टांत हैं। अदिशों के कुछ साधारण दृष्टांत हैं: दूरी, समय, द्रव्यमान, चाल, ताप, विद्युत आवेश, आयतन, घनत्व, ऊर्जा, आदि। आगे के अपने अध्ययन में हमें विस्थापन के अतिरिक्त सदिशों के बहुत से उदाहरण मिलेंगे।

3.2 सदिशों का निरूपण : उनका संकलन तथा व्यवकलन

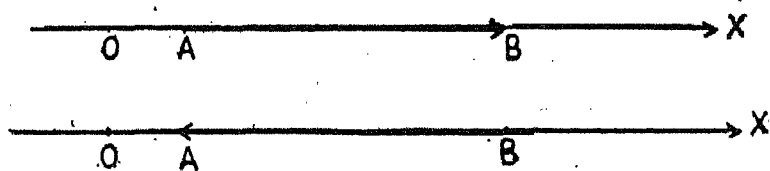
चींटी की गति के सरल दृष्टांत पर विचार कीजिए। एक सीधे सूत्र पर चलती हुई

चींटी की दो स्थितियाँ A तथा B हैं (चित्र 3.2)। दोनों स्थितियों के बीच की दूरी AB है और यह अदिश है। परंतु यदि हम दोनों स्थितियों के बीच के विस्थापन को $\overrightarrow{AB}$ द्वारा सूचित करें तो इसका अर्थ है कि चींटी A से B तक चली है।

परंतु यदि हम विस्थापन को $\overrightarrow{BA}$ द्वारा सूचित करें तो इसका अर्थ होगा कि चींटी B से A तक चली है। ऊपर के उदाहरण में AB अदिश परंतु $\overrightarrow{AB}$ एवं $\overrightarrow{BA}$ सदिश हैं।

सामान्यतः सरल रेखीय गमन में एक दिशा में विस्थापन धन और विपरीत दिशा में विस्थापन ऋण माना जाता है। अतएव उपर्युक्त उदाहरण में

$$\overrightarrow{AB} = -\overrightarrow{BA}$$

सदिश $\overrightarrow{AB}$ का परिमाण AB अदिश राशि है। सामान्यतः किसी सदिश राशि को एक दिष्ट रेखा द्वारा इस तरह निरूपित किया जाता है कि रेखा की लंबाई राशि के परिमाण के अनुपात में हो और उसकी दिशा तीरशीर्ष द्वारा निरूपित हो। दूसरे शब्दों में, सदिश आदि बिन्दु, अंतिम बिन्दु तथा दिशा द्वारा जाना जाता है। चित्र 3.3 एक सरलीकृत विस्थापन-मानचित्र है जिसमें बिन्दु D, B तथा M दिल्ली, बंगलौर और मद्रास को सूचित करते हैं। दिल्ली से बंगलौर तक के विस्थापन को तीर DB द्वारा निरूपित किया गया है जिसकी दिशा D से B की ओर है। इसे $\overrightarrow{DB}$ सदिश द्वारा सूचित किया जाता है।

चित्र 3.2 चींटी की दो स्थितियाँ

दिल्ली से बंगलौर तक का विस्थापन सीधे अथवा मद्रास होकर हो सकता है। इस अवस्था में विस्थापन दो चरणों में होता है, पहले दिल्ली से मद्रास तक ($\overrightarrow{DM}$) और फिर मद्रास

बंगलोर तक ($\vec{MB}$)। परंतु दिल्ली से बंगलोर तक का परिणामी विस्थापन $\vec{DB}$ है। अतएव कह सकते हैं कि वास्तविक विस्थापन, दो क्रमिक विस्थापनों, $\vec{DM}$ तथा $\vec{MB}$ का योग है, अर्थात्

$$\vec{DB} = \vec{DM} + \vec{MB}$$

यह ध्यान रखना चाहिए कि

$$DB \neq DM + MB$$

जिसमें DB, DM तथा MB अदिश राशियां हैं। यह हम जानते ही हैं कि मद्रास होकर दिल्ली से बंगलौर की दूरी दिल्ली से बंगलौर की सीधी दूरी की अपेक्षा अधिक है।

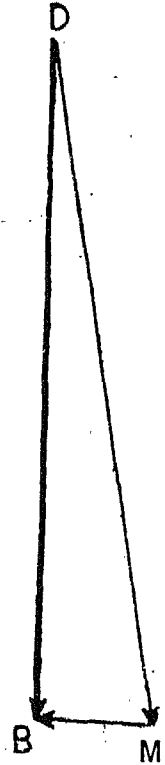
अत: हम देखते हैं कि दो सदिशों को जोड़ने के लिए एक की पूंछ को दूसरे के शीर्ष के साथ रखा जाता है और आदि बिंदु से अंतिम बिंदु तक परिणामी सदिश प्राप्त किया जाता है, जैसा चित्र 3.3 में दिखाया गया है। अतएव सदिशों के संकलन तथा अदिशों के संकलन में अंतर है।

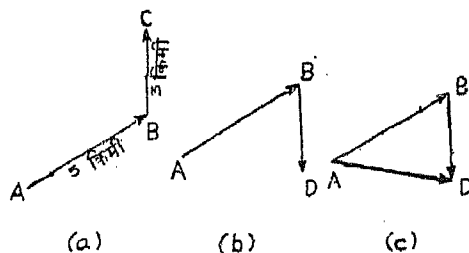
अब हम देखें कि सदिशों के अंतर प्राप्त करने की क्या विधि है। हम जानते हैं कि व्यवकलन को धन और ऋण संख्याओं का योग मान सकते हैं।

उदाहरण के लिए

$$5 - 3 = 5 + (-3)$$

अब मान लीजिए हमें 3 किमी और 5 किमी के दो विस्थापनों का अंतर निकालना है जैसा चित्र 3.4 में दिखाया गया है।

D B M

चित्र 3.3 विस्थापन मानचित्र एवं सदिशों का संकलन

हम जानते हैं कि $\vec{AB} - \vec{BC} = \vec{AB} + (-\vec{BC})$। चित्र 3.4 (b) में सदिश $\vec{BD}$ परिमाण में $\vec{BC}$ सदिश के बराबर है परंतु विपरीत दिशा में है। अतः

चित्र 3.4 सदिशों का व्यवकलन

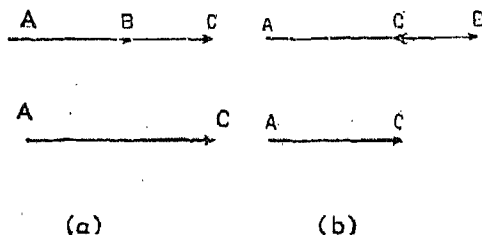
$$\overrightarrow{BD} = -\overrightarrow{BC}$$

और $\overrightarrow{AB} - \overrightarrow{BC} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BD} = \overrightarrow{AD}$

जैसा चित्र 3.4 (c) में दिखाया गया है।

कुछ सरल उदाहरण

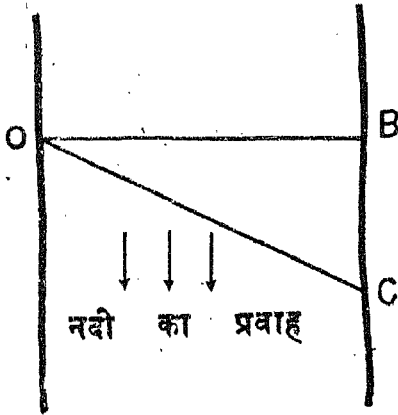
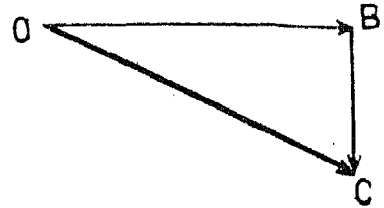
एक ही सीधी रेखा के सदिश

उन सदिशों को जोड़ना तथा घटाना सहज है जो एक ही सीधी रेखा में होते हैं।

चित्र 3.5 एक ही सीधी रेखा के सदिश

यदि सदिश एक ही दिशा में (सहयोगी बल) कार्य कर रहे हों तो परिणाम केवल उन सदिशों की लंबाइयों को जोड़कर ही प्राप्त किया जा सकता है [चित्र 3.5 (a)]। यदि सदिश

विपरीत दिशाओं में (प्रतिरोधी बल) कार्य कर रहे हों तो परिणाम उनके अंतर के तुल्य होता है [चित्र 3.5 (b)]।

समकोणिक सदिश

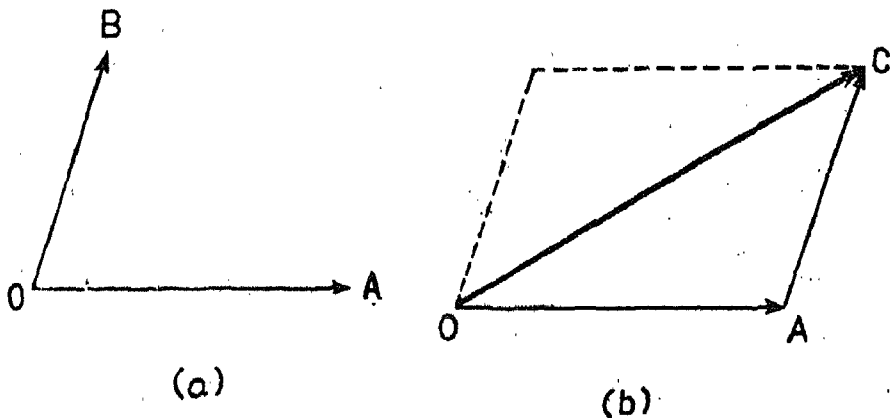
एक अन्य सुपरिचित उदाहरण है सबसे छोटे रास्ते से नदी के पार जाती हुई नाव का। इस अवस्था में (वायु की उपेक्षा करते हुए) दो सदिश एक दूसरे के अभिलंब कार्य करते हैं :

चित्र 3.6 समकोणिक सदिश

एक नदी की चौड़ाई की दिशा में नाव का विस्थापन तथा दूसरा, नदी की धार की दिशा में विस्थापन। परिणामी का परिमाण पाइथागोरस प्रमेय का उपयोग करके प्राप्त होता है, अर्थात्

$$OC^2 = OB^2 + BC^2$$

जिस दिशा में नाव वास्तव में चलती है, वह समकोण त्रिभुज OBC के कर्ण द्वारा प्राप्त होता है जिसमें दिशा रवाना होने के बिंदु O से पहुँचने के बिंदु C तक है (चित्र 3.6)।

किसी कोण पर झुके सदिश

मान लीजिए कि $\overrightarrow{OA}$ तथा $\overrightarrow{OB}$ दो सदिश हैं जो परस्पर किसी कोण पर झुके हुए हैं। इनका परिणामी, सदिशों को जोड़ने की साधारण कार्यविधि द्वारा प्राप्त किया जा सकता है।

चित्र 3.7 किसी कोण पर झुके सदिश

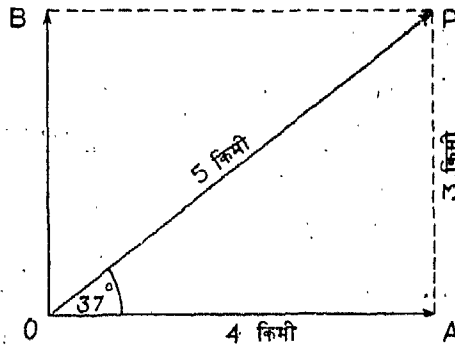
जैसा रेखाचित्र (चित्र 3.7) से स्पष्ट है परिणामी सदिश समांतर चतुर्भुज के कर्ण द्वारा निरूपित होता है। इस कार्यविधि को सदिशों को जोड़ने का समांतर-चतुर्भुज नियम कहते हैं।

3.3 सदिशों का वियोजन

मान लीजिए कोई लड़का 5 किमी पूर्व से 37° उत्तर की ओर चलता है जैसा चित्र 3.8 में $\overrightarrow{OP}$ सदिश द्वारा दिखाया गया है। यह स्पष्ट है कि वह एक साथ ही पूर्व तथा उत्तर दो दिशाओं में जाता हुआ प्रतीत हो रहा है। इन्हें OA और OB दोनों अक्षों पर अभिलंब खींच कर देखा जा सकता है।

हमें ज्ञात होता है कि लड़का पूर्व दिशा में OA दूरी चला तथा उत्तर दिशा में OB दूरी

चला । यदि हम पैमाने के अनुसार सदिशों को खींचें तो हमें ज्ञात होता है कि पूर्व में वह 4 किमी और उत्तर में 3 किमी चला ।

$\overrightarrow{OA}$ तथा $\overrightarrow{OB}$ सदिशों को मूल सदिश का घटक कहते हैं। वे एक ऐसा युग्म बनाते हैं

चित्र 3.8 सदिश के घटक

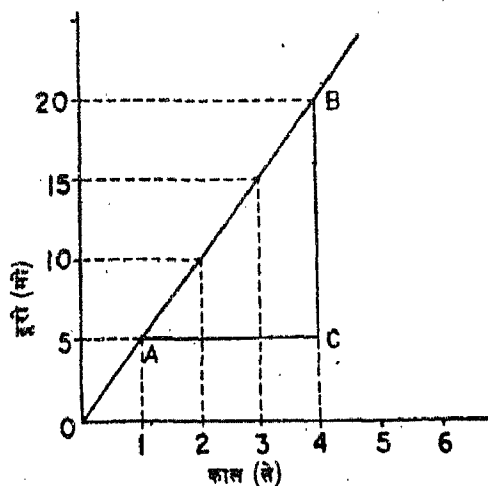
जो दिए सदिश के समतुल्य है। विलोमतः, हम घटकों से सदिशों के संकलन के नियम के उपयोग से परिणामी सदिश को सदा प्राप्त कर सकते हैं।

3.4 वेग एवं चाल

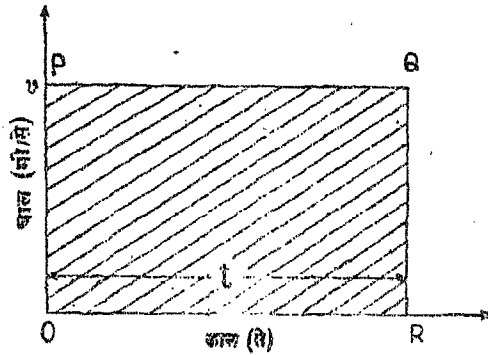
हम जानते हैं कि किसी वाहन की चाल वह दूरी है जो वह इकाई समय में तय करती है और जिसमें इसका उल्लेख नहीं होता कि गमन की दिशा क्या है। परंतु कुछ परिस्थितियों में किसी दी हुई दिशा में चाल का ज्ञान अनिवार्य होता है। वास्तव में गमन के वर्णन में इकाई समय में विस्थापन महत्वपूर्ण होता है। यदि t समय में AB विस्थापन हो तो $\frac{AB}{t}$ को समय के t अन्तराल में औसत वेग कहते हैं। चूंकि विस्थापन एक सदिश राशि

है, वेग भी एक सदिश राशि है। अतएव वेग के पूर्ण विवरण के लिए परिमाण तथा दिशा दोनों का उल्लेख आवश्यक है। उदाहरण के लिए यदि मोटरगाड़ी द्वारा हम मद्रास से बंगलौर जाएँ तो हम यह कह सकते हैं कि पश्चिम दिशा में हमारा वेग 72 किमी प्रति घंटा अथवा 20 मीटर प्रति सेकंड है। दिशा की उपेक्षा करते हुए जिस रफ्तार से कोई दूरी तय की जाती है, उसे चाल कहते है। चाल एक अदिश राशि है।

3.5 किसी रेखा में एकसमान गमन

मान लीजिए कि कोई पिंड सीधी रेखा में चल रहा है और समय के समान अंतरालों में बराबर दूरियाँ तय करता है, चाहे समय के अंतराल कितने ही छोटे क्यों न हों। तब यह कहा जाता है कि इसका वेग एकसमान है। यह गमन की सबसे सरल किस्म है। यदि हम

चित्र 3.9 एकसमान गति के लिए दूरी तथा काल के बीच ग्राफ़

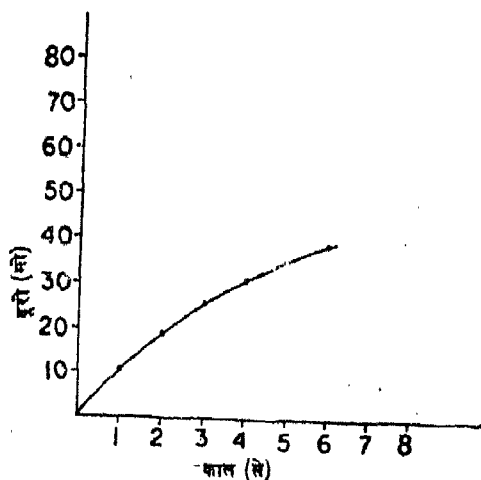
तय की हुई दूरी और समय के बीच एक ग्राफ़ खींचें तो वह सीधी रेखा होगा जैसा चित्र 3.9 में दिखाया गया है। $\frac{BC}{AC}$ अनुपात से हमें चाल ज्ञात होती है।

इस गमन को हम एक और ग्राफ़ द्वारा दिखला सकते हैं जिसमें विभिन्न क्षणों पर समय के इकाई अन्तराल में तय की हुई दूरी दिखाई गई हो। ऐसे ग्राफ़ को चाल-अवधि ग्राफ़ कहते हैं। एकसमान गमन के लिए यह ग्राफ़ समय के अक्ष के समांतर एक सीधी रेखा होता है जैसा चित्र 3.10 में दिखाया गया है।

चित्र 3.10 एकसमान गति के लिए चाल एवं काल के बीच ग्राफ़

विलोमतः यदि ग्राफ़ समय के अक्ष के समांतर एक सीधी रेखा हो तो हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि गमन एकसमान है। समय के किसी अंतराल t में तय की हुई दूरी s क्षेत्रफल OPQR के बराबर होती है, अर्थात् $s = vt$।

ऐसी परिस्थितियाँ भी होती हैं जिनमें समय के समान अंतरालों में तय की हुई दूरियाँ विभिन्न हों। तब कहा जाता है कि गमन असमान है। चित्र 3.11 में एक प्रतिनिधिक ग्राफ़ीय उदाहरण दिया गया है।

यदि हम साइकिल पर किसी आनत सड़क पर चलें तो हम देखेंगे कि साइकिल एकसमान वेग से नहीं चलती। विराम से प्रारंभ करके साइकिल का वेग बढ़ता जाता है।

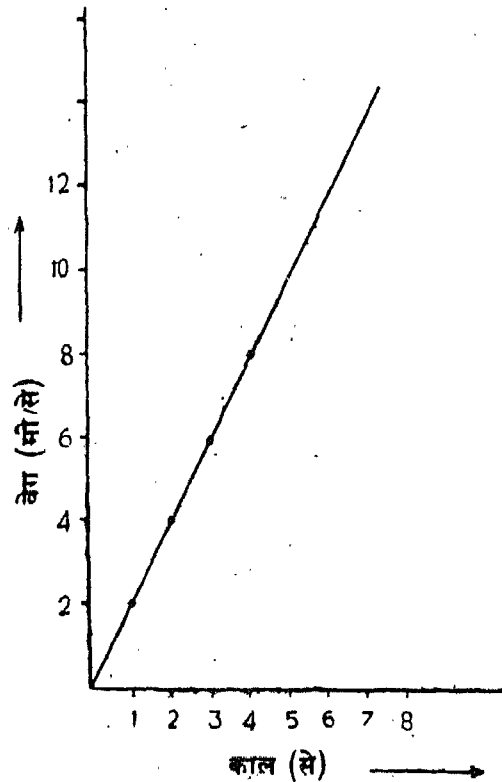
इकाई कालांतराल में वेग के परिवर्तन को त्वरण कहते हैं। यह भी एक सदिश राशि

चित्र 3.11 असमान गति के लिए दूरी तथा काल के बीच ग्राफ़

है। यदि t काल में वेग $\vec{u}$ से $\vec{v}$ में परिवर्तित होता है तो परिवर्तन $\vec{v}-\vec{u}$ है और त्वरण का मान है

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}-\vec{u}}{t}$$

3.6 एकसमान त्वरण

यदि परिवर्तन की दर, अर्थात् प्रति इकाई काल में वेग का परिवर्तन गमन की अवधि में एक ही रहे तो त्वरण एकसमान है। उदाहरण के लिए एक सीधे पथ पर दौड़ते हुए खिलाड़ी को लीजिए। स्पष्टतः प्रारंभ में उसका वेग शून्य है क्योंकि वह विराम की स्थिति से दौड़ना प्रारंभ करता है। मान लीजिए कि 1 सेकंड बाद वेग 2 मी/से है, 2 सेकंड बाद 4 मी/से और 3 सेकंड बाद 6 मी/से है तथा आगे भी ऐसा ही है। वेग और काल के बीच का ग्राफ़ एक

सीधी रेखा है जैसा चित्र 3.12 में दिखाया गया है। हम देखते हैं कि वेग के बढ़ने की दर 2 मी प्रति सेकंड है। इसे 2 मी/से² लिखा जा सकता है।

चित्र 3.12 एकसमान त्वरित गति के लिए वेग तथा काल के बीच ग्राफ़

यदि वेग हमेशा बढ़ता ही रहे तो त्वरण धन राशि है, यदि वेग घटता रहे तो त्वरण ऋण राशि है। ऋणात्मक त्वरण को मंदन कहते हैं।

3.7 एकसमान त्वरण के साथ गमन

सरलता के लिए हम एकसमान त्वरित गमन (एक सीधी रेखा में) पर विचार करेंगे। हम निम्नलिखित प्रतीकों का उपयोग करेंगे :

u=प्राथमिक वेग, अर्थात् गमन के प्रारंभ ($t=0$) में वेग

v=अंतिम वेग, अर्थात् t काल की समाप्ति पर वेग

a=एकसमान त्वरण

s=t काल में तय की हुई दूरी

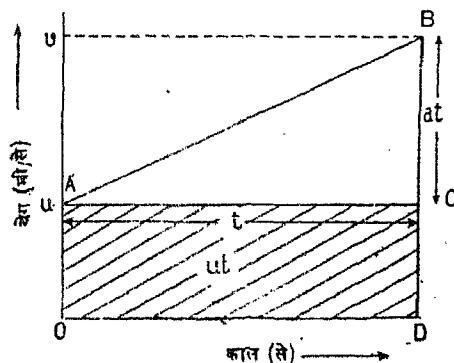
प्रथम समीकरण : t काल में प्राप्त वेग

परिभाषा के अनुसार $a=\frac{v-u}{t}$

अर्थात् $at=v-u$

अर्थात् $v=u+at$ (3–1)

द्वितीय समीकरण : t काल में तय की हुई दूरी

यदि वेग v को ऊर्ध्वाधर दिशा में और काल t को क्षैतिज दिशा में आलेखित किया जाय तो एक वेग-काल ग्राफ़ मिलेगा जैसा चित्र 3.13 में दिखाया गया है।

चित्र 3·13 एक वेग-काल ग्राफ़

हम देखते हैं कि यदि गमन की पूरी अवधि में वेग एकसमान रहा है तो तय की हुई दूरी s=OACD आयत का क्षेत्रफल। चूँकि वेग स्थायी रूप से बढ़ता रहा है अतः t काल में तय की हुई दूरी,

$$s = \text{OABD का क्षेत्रफल}$$
$$= \text{OACD का क्षेत्रफल} + \text{ACB का क्षेत्रफल}$$
$$= OA \times AC + \frac{1}{2} AC \times BC$$
$$= ut + \frac{1}{2} t \times at$$
$$= ut + \frac{1}{2} at^2$$

ग्राफ़ीय विधि के अतिरिक्त हम इस समीकरण को गणितीय तर्क द्वारा भी प्राप्त कर सकते हैं।

हम जानते हैं कि

दूरी = औसत वेग × काल

हमारे उदाहरण में, औसत वेग $= \frac{v+u}{2}$

अतएव, $s = \frac{v+u}{2} \times t$

इसमें समीकरण (3—1) से v का मान रखने पर हम पाते हैं : $s = \frac{u+u+at}{2} \times t$

अर्थात् $$s = ut + \frac{1}{2} at^2 \qquad (3\text{—}2)$$

तृतीय समीकरण : s दूरी तय करने में प्राप्त वेग

समीकरण (3—1) से हमें मिलता है कि $t = \frac{v-u}{a}$

t के इस मान को समीकरण (3—2) में रखने से हम पाते हैं कि

$$s = u\left(\frac{v-u}{a}\right) + \frac{1}{2} a \left(\frac{v-u}{a}\right)^2$$

अथवा $2as = 2uv - 2u^2 + v^2 - 2uv + u^2$

$= -u^2 + v^2$

या $v^2 = u^2 + 2as$ (3—3)

उदाहरण 1

विराम की स्थिति से प्रारम्भ करके तथा एकसमान त्वरण से गमन करती हुई एक ट्रेन 5 मिनटों में 90 किमी प्रति घंटा की चाल प्राप्त कर लेती है।

(क) त्वरण, एवं (ख) तय की हुई दूरी निकालिए।

इस प्रश्न में $u = 0$

$v = 90$ किमी प्रति घंटा (25 मी/से)

$t = 5$ मिनट (300 सेकंड)

हमें a तथा s निकालना है। हम जानते हैं कि

$$a = \frac{v-u}{t}$$

$$= \frac{25-0}{300}$$

$$= \frac{1}{12} \text{ मी/से}^2$$

पुन: $v^2 = u^2 + 2as$

$= 0 + 2as$

अथवा $$s = \frac{v^2}{2a} = \frac{25 \times 25}{2 \times \left(\frac{1}{12}\right)}$$

$= 625 \times 6$ मी

$= 3.75$ किमी

उदाहरण 2

विराम की अवस्था से प्रारंभ करके एक बस 0.1 मी/से^{2} के एकसमान त्वरण से 2 मिनट तक चलती है। (क) प्राप्त की हुई चाल, तथा (ख) तय की हुई दूरी निकालिए।

(क) $u=0$

$v=?$

$a=0.1$ मी/से^{2}

$t=2$ मिनट

$=120$ से

$v=u+at$

$=0+0.1\times 120$

अथवा $=12$ मी/से

(ख) हम जानते हैं कि

$$s=ut+\frac{1}{2}at^2$$

$$=0+\frac{1}{2}\times\frac{1}{10}\times 120\times 120$$

$=720$ मी

उदाहरण 3

एक ट्रेन 90 किमी प्रति घंटा की चाल से चल रही है। 0.5 मी/से^{2} का एकसमान मंदन उत्पन्न करने के लिए ब्रेक लगाये जाते हैं। निकालिए कि रुकने के पहले ट्रेन कितनी दूरी तय करती है।

$u=90$ किमी प्रतिघंटा$=25$ मी/से

$v=0$

$a=-0.5$ मी/से^{2}

$s=?$

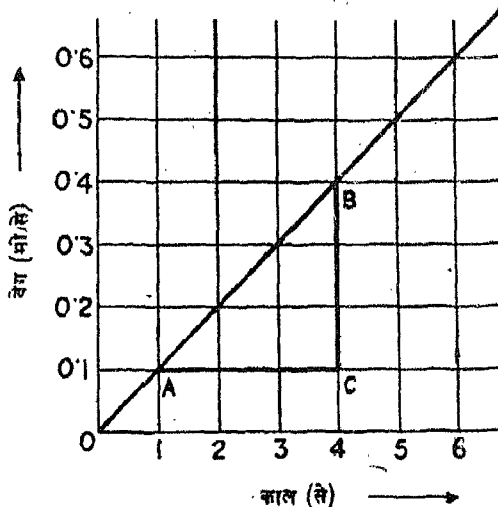
$v^2=u^2+2as$

$0=(25\times 25)-2\times 0.5\times s$

अथवा $s=25\times 25$

$=625$ मी

ग्राफीय उदाहरण 1

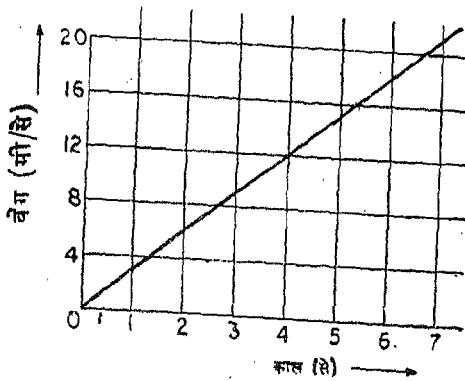
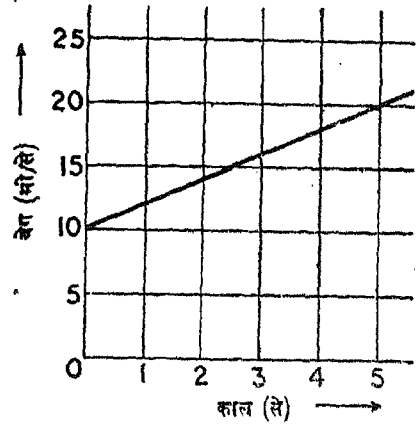
किसी नाव के गमन को चित्र 3.14 के ग्राफ द्वारा दिखाया गया है।

चित्र 3.14 एक ग्राफ़ीय उदाहरण

हम देखते हैं कि नाव के त्वरण का मान है

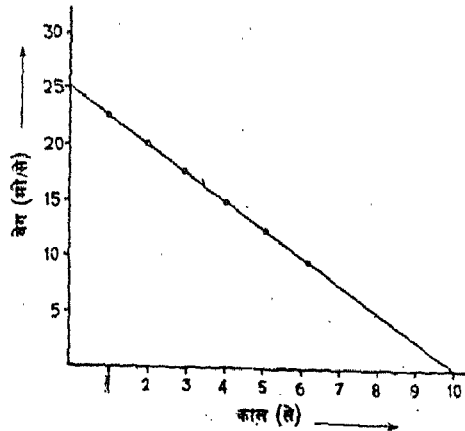
$$a = \frac{\text{वेग में परिवर्तन}}{\text{काल}} = \frac{BC}{AC} = 0.1 \text{ मी/से}^2$$

ग्राफ़ीय उदाहरण 2

एकसमान त्वरण से गमन करने वाले किसी पिंड के वेग-काल ग्राफ को चित्र 3.15 (a) तथा (b) में दिखाया गया है।

उदाहरण 1 की क्रियाविधि का अनुगमन करते हुए हमें मिलता है कि त्वरणों के मान हैं $a_1 = 3$ मी/से^{2}, $a_2 = 2$ मी/से^{2}

चित्र 3.15 एक ग्राफ़ीय उदाहरण

ग्राफ़ीय उदाहरण 3

एकसमान मंदित गमन का वेग-काल ग्राफ़ चित्र 3.16 में दिखाया गया है।

चित्र 3.16 एक ग्राफ़ीय उदाहरण

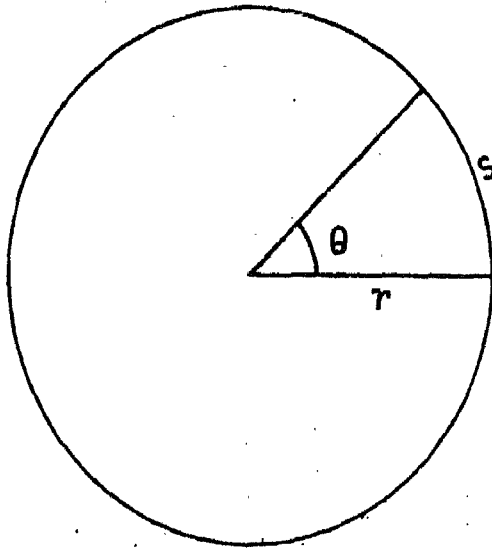
आकृति से यह स्पष्ट है कि त्वरण ऋणात्मक है और इसका मान है $a = -2.5$ मी/से^{2}, अर्थात्

मंदन $= 2.5$ मी/से^{2}

3.8 एकसमान वृत्तीय गति

अर्धव्यास r के वृत्त पर एकसमान चाल से गमन करते हुए कण पर हम विचार करते हैं (चित्र 3.17)। कल्पना किया कि t काल में तय किए चाप का मान s है।

यदि इस चाप द्वारा केंद्र पर बनाए कोण का मान θ है तो चाल की परिभाषा के अनुसार

$$s = vt$$

चित्र 3.17 वृत्तीय मार्ग में गति

और ज्यामिति से

$$s = r\theta$$

ऊपर के दोनों परिणामों के सम्मिश्रण से

$$r\theta = vt$$

तथा

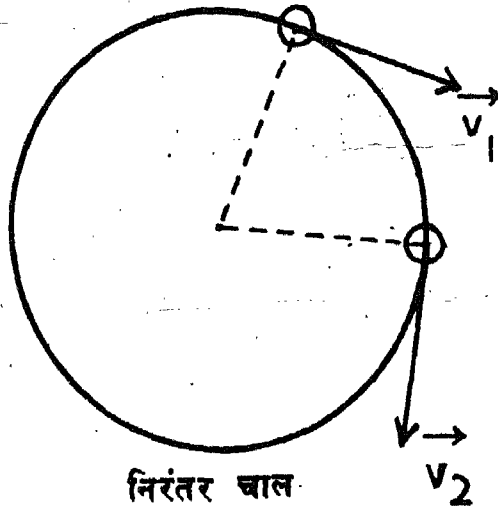
$$\frac{\theta}{t} = \frac{v}{r}$$

अनुपात $\frac{\theta}{t}$ जो यह नापता है कि कोण का मान किस दर से परिवर्तित हो रहा है, कण का कोणीय वेग ω कहलाता है। इस तरह हम पाते हैं कि

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{v}{r}$$

अथवा

$$v = r\omega \qquad (3-4)$$

एकसमान सरल रेखीय गमन में, जैसे एक सीधी सड़क पर एकसमान चाल से चलते हुए पहिए के लिए, चाल तथा वेग दोनों अचर होते हैं। परंतु एकसमान वक्ररेखी गमन में, जैसे एक धागे में बंधे पत्थर के टुकड़े के एकसमान वृत्तीय गमन के लिए, चाल अचर होती है, परंतु वेग बदलता रहता है क्योंकि गमन की दिशा निरंतर बदलती रहती है (चित्र 3.18)।

चित्र 3.18 वृत्तीय मार्ग में चाल तथा वेग

3.9 गति के नियम

3.9-1 गति का प्रथम नियम

यह सामान्य अनुभव है कि यदि कोई पिंड विराम अवस्था में है और उसे छेड़ा न जाय तो वह विराम अवस्था में बना रहता है। यदि हम देखते हैं कि सवेरे किसी मेज़ पर रखी पुस्तक कुछ देर बाद वहाँ नहीं है तो स्वभावतः हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि यह किसी बाह्य साधन के द्वारा हटाई गई होगी। दूसरे शब्दों में, विरामावस्था का कोई वियुक्त पिंड (जो अन्य पिंडों के प्रभाव से मुक्त है) अपनी विरामावस्था बनाए रहेगा। इसको गतिशील बनाने के लिए यह आवश्यक है कि इसके वेग में परिवर्तन किया जाय अर्थात् इसे त्वरित किया जाय। इसके लिए किसी बाहरी साधन अथवा बल की आवश्यकता होती है।

मान लीजिए कि किसी मेज़ पर कोई पिंड पहले से चल रहा है। क्या यह सर्वदा चलता रहेगा ? नहीं, हमारा अनुभव बताता है कि अंत में यह रुक जाएगा। परंतु हम यह भी देखते हैं कि यदि कोई सिक्का काँच की मेज़ पर गमन कर रहा हो तो रुकने में इसे अधिक समय लगता है। हम इस बात की कल्पना कर सकते हैं कि यदि मेज़ के तल को और चिकना बनाया जाय तो क्या होगा, पिंड और आगे तक जाएगा। घर्षण के कारण ही पिंडों में मंदता आ जाती है।

यह कल्पना करना कठिन नहीं है कि घर्षणमुक्त तल पर पिंड एक ही वेग से सर्वदा चलता रहेगा। इस तरह किसी पिंड के वेग में परिवर्तन अर्थात् त्वरण के लिए बाह्य बल की आवश्यकता होती है। पिंड के वेग को घटाने अथवा बढ़ाने के लिए बाहर से बल लगाना आवश्यक है। न्यूटन का गति संबंधी पहला नियम इस प्रकार के अनुभवों का व्यापकीकरण है और उसे इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है :

जब तक किसी पिं पर बाह्य बल न लगे वह अपनी विरामावस्था अथवा एकसमान गति की अवस्था में बना रहता है।

जिस गुण के कारण कोई पिंड अपने विराम की अवस्था अथवा एकसमान गति की अवस्था को बनाए रखना चाहता है, **उसे जड़त्व कहते हैं**। इस कारण न्यूटन का प्रथम नियम जड़त्व का नियम कहलाता है।

अब हम अपने पिछले उदाहरण पर विचार करें जिसमें पुस्तक मेज़ पर पड़ी हुई थी। हम जानते हैं कि इस पर गुरुत्वाकर्षण का बल लग रहा है फिर भी यह स्थिर रहती है। यह गति के प्रथम नियम से कैसे मेल खाता है जिसे ऊपर बताया गया है ?

हम जानते हैं कि वास्तव में मेज़ पुस्तक को गिरने से रोकती है अर्थात् मेज़ द्वारा प्रतिक्रियात्मक बल लगता है जिससे गुरुत्वाकर्षण का बल संतुलित हो जाता है। इस तरह पुस्तक पर कोई असंतुलित बल अथवा शुद्ध बल कार्य नहीं करता।

इस कारण न्यूटन का प्रथम नियम अधिक यथार्थता से निम्न ढंग से व्यक्त किया जाता है :

जब तक किसी पिंड पर कोई असंतुलित बल कार्य नहीं करता, वह विराम की अवस्था अथवा एकसमान गति (अर्थात् स्थिर वेग की गति) की अवस्था में रहता है।

3.9-2 गति का द्वितीय नियम

यदि किसी पिंड पर कोई असंतुलित बल कार्य करता है तो क्या होता है? हमारी प्रत्याशा है कि पिंड के वेग में परिवर्तन होगा, अर्थात् त्वरण उत्पन्न होगा। परंतु एक ही बल से विभिन्न पिंडों में विभिन्न त्वरण उत्पन्न होते हैं।

अनुभव बताता है कि किसी विशिष्ट बल से m_1 एवं m_2 द्रव्यमान वाले पिंडों में जो a_1 तथा a_2 त्वरण उत्पन्न होते हैं, वे उनके द्रव्यमानों के व्युत्क्रमानुपाती होते हैं। अथवा

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

अर्थात्
$$a \propto \frac{1}{m} \qquad (3-5)$$

इसके अतिरिक्त, किसी विशेष पिंड में दूना त्वरण उत्पन्न करने के लिए दूने बल की आवश्यकता होती है, अर्थात्

$$a \propto F \qquad (3-6)$$

(3—5) एवं (3—6) के सम्मिश्रण से

$$a \propto \frac{F}{m} \qquad (3-7)$$

इसके अतिरिक्त, उत्पन्न त्वरण की दिशा वही होती है जो प्रयुक्त बल की होती है। सदिश के रूप में इसे इस प्रकार व्यक्त किया जाता है :

$$\vec{a} \propto \frac{\vec{F}}{m}$$

या $$\vec{a} = K\frac{\vec{F}}{m} \qquad (3—8)$$

यह समीकरण न्यूटन के दूसरे नियम को व्यक्त करता है जिसे इस प्रकार लिखा जा सकता है :

किसी असंतुलित बल द्वारा किसी पिंड में उत्पन्न किया गया त्वरण बल के अनुपात में तथा पिंड के द्रव्यमान के व्युत्क्रमानुपात में होता है तथा त्वरण की दिशा बल की दिशा में होती है।

हम लोग समीकरण (3—8) का उपयोग इकाई बल की परिभाषा करने के लिए कर सकते हैं। S. I. पद्धति में K=1 और इकाई बल न्यूटन कहलाता है। अर्थात्, न्यूटन वह बल है जो 1 किग्रा द्रव्यमान के पिंड में 1 मी/से^{2} का त्वरण उत्पन्न करता है। इस तरह,

$$1\ N = 1 \text{ न्यूटन} = 1 \text{ किग्रा} \times 1\frac{\text{मी}}{\text{से}^2}$$

3.9-3 संवेग और बल

किसी गतिमान पिंड को रोकने के लिए हमें कुछ समय तक बल लगाने की आवश्यकता होती है। यदि पिंड का वेग अधिक हो तथा घर्षण आदि अन्य बातें पहले जैसी हों, तो पिंड को उसी कालांतराल में रोकने के लिए अधिक बल लगाने की आवश्यकता होती है। अतएव पिंड का वेग जितना ही अधिक होगा उसको एक ही कालांतराल में रोकने के लिए उतना ही अधिक बल लगाने की आवश्यकता होगी।

इसके पश्चात् हम एक भारी पिंड पर विचार करें, जो पहले ही जैसे वेग से चल रहा है। यदि बाह्य स्थितियों को इस प्रकार समायोजित किया जाय कि घर्षण बल पहले जैसा हो, तो पिंड को रोकने के लिए अधिक बल की आवश्यकता होगी। इससे हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि पिंड का द्रव्यमान जितना ही अधिक होगा उसको दिए गए समय में रोकने के लिए उतना ही अधिक बल लगाने की आवश्यकता होगी।

उपर्युक्त विवेचन से हम यह देखते हैं कि किसी गतिशील पिंड को रोकने वाला बल पिंड के द्रव्यमान और वेग दोनों पर निर्भर करता है। इससे हमें एक नई राशि की परिभाषा प्राप्त होती है जिसे संवेग कहते हैं जो द्रव्यमान और वेग के गुणनफल के तुल्य है। अर्थात्,

$$M \text{ (संवेग)} = mv$$

हमें यह ध्यान में रखना चाहिए कि संवेग एक सदिश राशि है जिसकी दिशा वेग की दिशा है। अर्थात्,

$$\vec{M} = m\,\vec{v}.$$

यह स्पष्ट है कि संवेग का मात्रक $\frac{\text{किग्रा} \times \text{मी}}{\text{से}}$ है। कल्पना करें कि m द्रव्यमान के किसी पिंड के ऊपर $\vec{F}$ बल t कालांतराल तक कार्य कर रहा है। मान लें कि इस काल में पिंड का वेग $\vec{u}$ से $\vec{v}$ हो जाता है। अतएव त्वरण का मान,

$$1 \text{ किग्रा-भार} = 1 \text{ किग्रा} \times 9.8 \frac{\text{मी}}{\text{से}^2}$$

$$= 9.8 \frac{\text{किग्रा मी}}{\text{से}^2}$$

$$= 9.8N$$

परंतु यह ध्यान में रखना चाहिए कि गुरुत्व के कारण उत्पन्न त्वरण का मान पृथ्वी के विभिन्न स्थलों पर भिन्न-भिन्न है। अतएव 1 किग्रा-भार कोई अचर बल नहीं है। इसका परिमाण उस स्थान पर निर्भर करता है जहाँ माप की जा रही है।

यदि m द्रव्यमान के पिंड का भार W है तो समीकरण (3—8) को इस प्रकार लिखा जा सकता है :

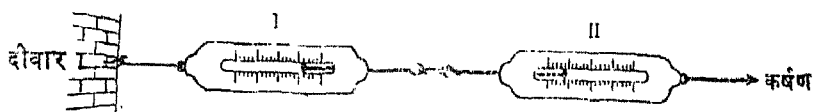
$$\vec{W} = m\vec{g}$$

जिसमें $\vec{g}$ गुरुत्व के कारण त्वरण है, अर्थात् पिंड पर पृथ्वी के आकर्षण के कारण उत्पन्न त्वरण है।

चूंकि g का मान विभिन्न स्थानों पर भिन्न-भिन्न है, पिंड का भार भी बदल जाता है।

चन्द्रमा का गुरुत्वीय बल पृथ्वी के बल का लगभग छठा भाग है। अतएव जो अंतरिक्ष-यात्री चन्द्रमा पर गया था, उसका भार भी चन्द्रमा पर इसी अनुपात में कम हो गया होगा। परंतु उसका द्रव्यमान वही रहेगा चाहे वह पृथ्वी पर हो अथवा चन्द्रमा पर।

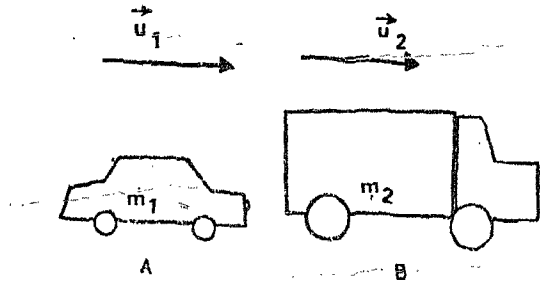
3.9.5 गति का तृतीय नियम

जब कभी कोई पिंड A किसी अन्य पिंड B पर बल लगाता है तब B भी A पर साथ ही साथ बल लगाता है। अतएव जब हम किसी गाड़ी को ढकेलते हैं, गाड़ी भी हम पर बल लगाती है। एक तरह से प्रकृति में सभी बल युग्मों में होते हैं।

चित्र 3.19 क्रिया तथा प्रतिक्रिया दिखाती हुई दो कमानीदार तुलाएँ

गति के तीसरे नियम के अनुसार, जब कभी पिंडों में आकर्षण होता है, अर्थात् वे जब एक दूसरे पर बल लगाते हैं तब दोनों बल परिमाण में बराबर किंतु विपरीत दिशाओं में होते है। दूसरे शब्दों में क्रिया तथा प्रतिक्रिया बराबर और विपरीत दिशाओं में होती हैं और दो भिन्न-भिन्न पिंडों पर कार्य करती हैं।

हम एक उदाहरण पर विचार करें। मान लीजिए हम दो कमानीदार तुलाओं को आपस में जोड़ देते हैं जैसा चित्र 3.19 में दिखाया हुआ है। खींचने पर हम देखेंगे कि दोनों तुलाओं में एक ही पाठ्यांक है। इससे स्पष्ट है कि पहली तुला की दूसरी तुला पर क्रिया, दूसरी द्वारा पहली तुला के ऊपर प्रतिक्रिया के बराबर है। यह भी ध्यान दीजिए कि क्रिया और प्रतिक्रिया दो विभिन्न पिंडों पर कार्य कर रही हैं।

3.10 संवेग का संरक्षण

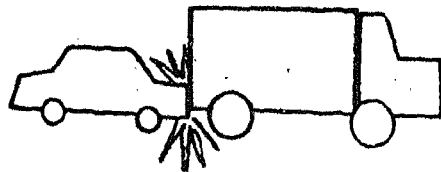
अब हम इस पर विचार करें कि जब दो पिंडों में अन्योन्य क्रिया होती है तब संवेग में क्या परिवर्तन होता है (चित्र 3.20)। दो पिंड A एवं B, जिनके द्रव्यमान m_1 तथा m_2 हैं, क्रमशः $\vec{u_1}$ तथा $\vec{u_2}$ वेगों से चल रहे हैं। कल्पना कीजिए, t कालांतराल तक वे एक दूसरे पर

चित्र 3.20 विभिन्न वेगों से चलते हुए वाहन

क्रिया करते हैं और टक्कर के बाद उनके वेग $\vec{v_1}$ एवं $\vec{v_2}$ हो जाते हैं (चित्र 3.21)। मान लीजिए A द्वारा B पर बल $\vec{F_1}$ तथा B द्वारा A पर बल $\vec{F_2}$ हैं।

न्यूटन के द्वितीय नियम का उपयोग करके हम लिख सकते हैं :

$$\vec{F_2}\, t = m_1 (\vec{v_1} - \vec{u_1})$$

तथा
$$\vec{F_1}\, t = m_2 (\vec{v_2} - \vec{u_2})$$

न्यूटन के तृतीय नियम के अनुसार A द्वारा अनुभव किया जाने वाला बल $\vec{F_2}$ का मान

चित्र 3.21 दो वाहनों की टक्कर

B द्वारा अनुभव किए जाने वाले बल $\vec{F_1}$ के बराबर तथा विपरीत दिशा में है, अर्थात्

$$\vec{F_1} = -\vec{F_2}$$

अतएव हम यह लिख सकते हैं कि $m_2 \left(\vec{v_2} - \vec{u_2}\right) = -m_1\left(\vec{v_1} - \vec{u_1}\right)$

अथवा
$$m_1 (\vec{v_1} - \vec{u_1}) = -m_2 (\vec{v_2} - \vec{u_2})$$

अथवा
$$m_1 \vec{v_1} + m_2 \vec{v_2} = m_1 \vec{u_1} + m_2 \vec{u_2}$$

इससे स्पष्ट है कि टक्कर के पहले के कुल संवेग $m_1\vec{u_1} + m_2\vec{u_2}$ का मान टक्कर के बाद के पूरे संवेग $m_1\vec{v_1} + m_2\vec{v_2}$ के बराबर है। हम इसको यह कह कर अधिक व्यापक बना सकते हैं कि जब तक किसी निकाय पर कोई बाह्य बल नहीं कार्य करता, निकाय का कुल संवेग संरक्षित रहता है। इसे **संवेग-संरक्षण** नियम कहते हैं। यह विश्वव्यापी नियम है।

राकेटों और जेट वायुयानों का कार्य संवेग संरक्षण नियम पर निर्भर करता है। इन यंत्रों में बहुत ऊँचे दाब पर गैस एक चंचु से निकलती है। यदि निकलती हुई गैस का द्रव्यमान m तथा वेग v है तो इससे बाहर जाने वाला संवेग mv है। राकेट अथवा जेट वायुयान द्वारा

इतने ही परिमाण का विपरीत दिशा में संवेग प्राप्त किया जाता है और इस तरह इससे संवेग-संरक्षण नियम की पुष्टि होती है।

अभ्यास

1. दक्षिण, उत्तर, पूर्व तथा पश्चिम दिशाओं में 5 मी/से के वेगों को सदिश विधि से निरूपित कीजिए।
2. किसी पिंड का त्वरण ज्ञात कीजिए यदि त्वरण एकसमान हो और चाल (a) 4 सेकंड में 20 मी/से से 35 मी/से हो जाए, तथा (b) 5 सेकंड में 10 मी/से से 0 मी/से हो जाए।
3. आनत समतल पर जाते हुए एक ठेले का त्वरण 2 मी/से^{2} है। चलना आरंभ करने के 3 सेकंड बाद इसका वेग क्या होगा ?
4. एक मोटरकार की औसत चाल 15 मी/से रही और इसका अंतिम वेग 20 मी/से था। यदि इसका त्वरण एकसमान था तो इसने विराम अवस्था से चलना आरंभ किया था अथवा प्रारंभ में इसकी कुछ चाल थी ?
5. 45 किमी प्रति घंटा के वेग से चलती हुई एक मोटरगाड़ी एकसमान मंदन से 30 सेकंड में रुक जाती है। इसके मंदन का मान निकालिए।
6. एक मोटरगाड़ी 12 सेकंडों में एकसमान त्वरण से 36 किमी प्रति घंटा से 72 किमी प्रति घंटा चलने लगती है। (a) त्वरण का मान, तथा (b) तय की हुई दूरी निकालिए।
7. ब्रेक लगाकर कोई ट्रेन 20 सेकंड में रोक ली जाती है। यदि ब्रेक के कारण एकसमान मंदन 1.5 मी/से^{2} था तो ट्रेन का प्रारंभिक वेग क्या था ?
8. दौड़ लगाने वाली किसी मोटरगाड़ी का एकसमान त्वरण 4 मी/से है। चलना आरंभ करने के बाद 10 सेकंड में यह कितनी दूरी तय करेगी ?
9. एक मोटरगाड़ी में ब्रेक द्वारा लगाए मंदन का मान 60 सेमी/से^{2} है। यदि ब्रेक लगाने पर गाड़ी 20 सेकंड के बाद रुकती है तो इस अन्तराल में यह कितनी दूरी तय करेगी ?
10. कोई पिंड विराम अवस्था से 0.6 मी/से^{2} के त्वरण के साथ चलता है। 300 मीटर

चलने के बाद इसका वेग क्या होगा ? इस दूरी को तय करने में इसे कितना समय लगा ?

11. महामार्ग पर चलती हुई किसी मोटरगाड़ी के वेग के परिवर्तन की दर 5 सेकंड तक स्थिर है। इतने समय में इसका वेग 10 मी/से से 25 मी/से हो जाता है। त्वरण का मान क्या है और इतने समय में यह कितनी दूरी तय करती है ? ग्राफीय विधि से इसे हल कीजिए।
12. निम्नलिखित में कौन सा सदिश है ?
    (a) ताप, (b) द्रव्यमान, (c) आयतन, (d) चाल, (e) विस्थापन।
13. मुक्तरूप से गिरते हुए पिंड द्वारा तय की हुई दूरी समानुपाती है।
    (a) चलने के कुल समय का।
    (b) पिंड के द्रव्यमान का।
    (c) गिरने के समय के वर्ग का।
    (d) गुरुत्वाकर्षण द्वारा होने वाले त्वरण के वर्ग का समानुपाती है।
    ऊपर दिए गए उत्तरों में से सही उत्तर पर (✓) निशान लगाइए।
14. m द्रव्यमान के पिंड को एक बल द्वारा 2.5 मी/से^{2} त्वरण मिलता है। बल की मात्रा क्या है ?
15. उस बल की गणना कीजिए जो एक मोटरगाड़ी को 12 सेकंड में 30 मी/से का वेग प्रदान करता है। गाड़ी का द्रव्यमान 1500 किलोग्राम है।
16. (i) जड़त्व शब्द की व्याख्या कीजिए।
    (ii) निम्नलिखित की व्याख्या कीजिए :
    (a) चलती हुई बस में खड़ा आदमी ब्रेकों को यकायक लगाने पर आगे को झुक जाता है, क्यों ?
    (b) फिसलन वाली ज़मीन पर चलना क्यों कठिन होता है ?
17. किसी पिंड पर कार्य करने वाले दो बल संतुलन कैसे पैदा करते हैं ?
18. 30 N का बल 5 किग्रा पर कितनी देर तक कार्य करे कि उसका वेग 12 मी/से हो जाय ?
19. एक अंतरिक्ष यात्री जिसका द्रव्यमान 50 किग्रा है, पृथ्वी से बाहर जाता है। उसका भार (a) पृथ्वी पर, (b) अंतरग्रहीय अंतरिक्ष में, (c) पृथ्वी से 650 किमी ऊपर, जहाँ $g = 8$ मी/से^{2} है, क्या होगा ?

20. 5 ग्राम द्रव्यमान की एक गोली 50 मी/से वेग से निकलती है। यदि गोली किसी दीवार में 10 सेमी की गहराई तक घुस जाती है तो दीवार द्वारा कितना प्रतिरोध पेश किया जाता है ?

21. निम्नलिखित स्थितियों में से प्रत्येक के लिए क्रिया और प्रतिक्रिया की व्याख्या कीजिए :
    (a) ज़मीन पर खड़ा एक आदमी।
    (b) एक धागे द्वारा छत से लटकाया गया कोई पिंड।
    (c) स्थिर पानी में तैरता हुआ जहाज।
    (d) रस्साकशी में लड़कों की दो टोलियों द्वारा रस्सा खींचना।

22. किसी पिंड का भार
    (a) उसमें द्रव्य की मात्रा है।
    (b) इसके जड़त्व का संकेत करता है।
    (c) उसका द्रव्यमान है परंतु भिन्न मात्रकों में नापा गया है।
    (d) वह बल है जिससे पृथ्वी उसे खींचती है।

    ऊपर दिए गए उत्तरों में से ठीक उत्तर पर (✓) निशान लगाइए।

अध्याय 4

आघूर्ण और बल-युग्म

"टेक के लिए मुझे कोई बिंदु दीजिए और मैं सारी पृथ्वी को घुमा दूंगा।"
—आर्किमिडीज

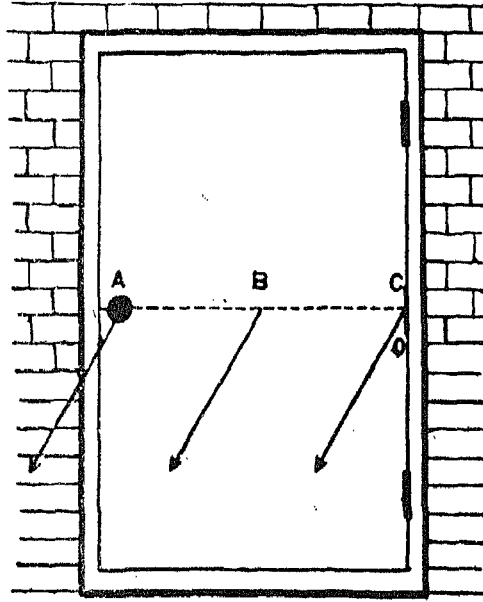
4.1 बलों का वर्तन-प्रभाव

हमने तृतीय अध्याय में देखा कि बल और गति में बहुत घनिष्ठ संबंध है। बल गति आरंभ कर सकता है, गति को रोक सकता है अथवा गति में परिवर्तन ला सकता है। परंतु यह आवश्यक नहीं है कि यह स्थानांतरीय गति हो। बहुत सी परिस्थितियों में किसी पिंड पर लगाए बल की चेष्टा पिंड को किसी अक्ष के गिर्द घुमाने की होती है।

कुछ सुपरिचित उदाहरणों पर विचार करें।

हम A हत्थे पर बल लगाकर O बिंदु पर कब्जे द्वारा जड़े दरवाज़े को खोलने का प्रयत्न करें (चित्र 4.1)। फिर बीच में किसी बिंदु, B पर बल लगाकर दरवाज़े को खोलने का प्रयत्न करें। किस स्थिति में दरवाज़े को खोलना अधिक आसान है? स्पष्टतः पहली स्थिति में। इसके पश्चात् हम कब्जे के पास उदाहरणतः C पर बल लगाकर दरवाज़े को खोलने का प्रयत्न करें। इस स्थिति में बल चाहे कितना भी बड़ा क्यों न हो, दरवाज़े को खोलना संभव नहीं है।

यह स्पष्ट है कि बल की मात्रा के अतिरिक्त कुछ अन्य घटक भी हैं जिनका प्रभाव दरवाज़े की गति पर पड़ता है। हमने बल को तीन अवस्थितियों में लगाया है। पहली स्थिति में घूर्णन के अक्ष और बल के कार्य की दिशा के बीच दूरी OA है। दूसरी स्थिति में दूरी OB है

और तीसरी स्थिति में दूरी शून्य है। चूँकि OA > OB > OC, अतः हम देखते हैं कि यदि बल को O से अधिक दूरी पर लगाया जाय तो घूर्णी प्रभाव अधिक होता है। यदि उसी बल

चित्र 4.1 दरवाज़े का खोलना

का O बिंदु के अधिक समीप लगाया जाय तो घूर्णी प्रभाव कम होता है। इसके अतिरिक्त यदि बल के कार्य की दिशा अभिलंब हो तो O के पास घूर्णन अधिक होता है। निस्संदेह इन सभी परिस्थितियों में बल की मात्रा जितनी ही अधिक होती है घूर्णी प्रभाव भी उतना ही अधिक होता है।

ऐसे अनुभवों से हमें ज्ञात होता है कि घूर्णन उत्पन्न करने में बल की प्रभाविता, बल की मात्रा तथा घूर्णन के अक्ष से इसकी अभिलंब दूरी पर निर्भर करती है।

अतएव किसी बल की घूर्णी क्रिया को हम बल की मात्रा तथा बल-बाहु के गुणनफल से नापते हैं। इस गुणनफल को बल का **आघूर्ण** कहते हैं।

आघूर्ण = बल × बल-बाहु,

बल को F द्वारा तथा बाहु को l द्वारा निरूपित करने से

$$M = F \times l \qquad (4\text{—}1)$$

जिसमें M आघूर्ण है।

किसी बल का आघूर्ण उस बल द्वारा किसी पिंड को घुमाने की क्षमता की नाप है।

समीकरण (4—1) से स्पष्ट है कि यदि बाहु लंबी हो तो छोटा बल भी बड़ा आघूर्ण उत्पन्न कर सकता है।

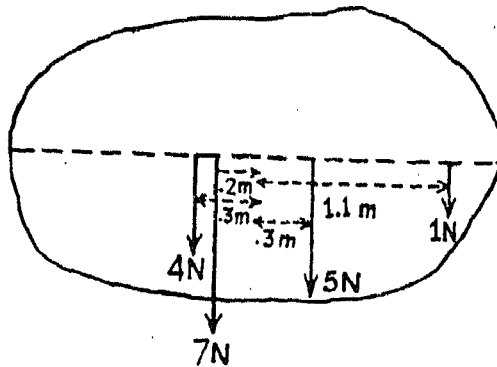
घूर्णी गति में आघूर्ण की वही भूमिका होती है जो स्थानांतरीय गति में बल की होती है। किसी पिंड में स्थानांतरीय गति पैदा करने के लिए बल की आवश्यकता होती है और किसी पिंड को घुमाने के लिए आघूर्ण की आवश्यकता होती है।

यदि किसी आघूर्ण के प्रभाव से कोई पिंड दक्षिणावर्त दिशा में घूमे तो आघूर्ण दक्षिणावर्ती है और इसके विलोमतः वामावर्ती आघूर्ण पिंड को वामावर्त दिशा में घुमाता है। साधारणतः दक्षिणावर्ती आघूर्ण को ऋणात्मक तथा वामावर्ती आघूर्ण को धनात्मक माना जाता है।

4.2 आघूर्णों का नियम

यदि दो आघूर्ण किसी पिंड को एक ही दिशा में घुमा रहे हों तो उन्हें जोड़ लिया जाता है। परंतु यदि वे उस पिंड को विपरीत दिशाओं में घुमा रहे हों तो परिणामी आघूर्ण उनके अंतर के तुल्य होता है। अतएव किसी पिंड को एक ही अक्ष के गिर्द घुमाने वाले सभी आघूर्णों का परिणामी आघूर्ण उनके बीजीय योग के बराबर होता है। आघूर्णों का बीजीय योग प्राप्त करते समय हमें उनके चिह्न का ध्यान रखना चाहिए।

हम एक साधारण उदाहरण को लें। किसी पिंड पर चार समांतर बल कार्य कर रहे हैं जिनके मान 1N, 5N, 4N तथा 7N हैं और जिनके बाहु क्रमशः 1.1 मी, 0.3 मी, 0.3 मी एवं 0.2 मी हैं। सरलता के लिए हम मान लेते हैं कि सभी बल एक ही समतल में कार्य कर रहे हैं (चित्र 4.2)।

प्रथम दो बल पिंड को दक्षिणावर्त दिशा में घुमा रहे हैं और अन्य दो इसे वामावर्त दिशा में घुमा रहे हैं।

चित्र 4.2 किसी पिंड पर कार्य करते हुए चार समांतर बल

जैसा चित्र से स्पष्ट है, 1N बल के कारण प्रथम आघूर्ण का मान है

$$M_1 = 1N \times 1.1m = 1.1Nm$$

दूसरे आघूर्ण का मान है

$$M_2 = 5N \times 0.3m = 1.5Nm$$

तीसरे आघूर्ण का मान है

$$M_3 = 4N \times 0.3m = 1.2Nm$$

चौथे आघूर्ण का मान है

$$M_4 = 7N \times 0.2m = 1.4Nm$$

यदि हम उनके चिह्नों पर विचार करें तो उनका बीजीय योग सदिशीय योग के तुल्य होगा, अर्थात्

$$\begin{aligned} M &= M_1 + M_2 + M_3 + M_4 \\ &= -1.1Nm - 1.5Nm + 1.2Nm + 1.4Nm \\ &= -2.6Nm + 2.6Nm \\ &= 0 \end{aligned}$$

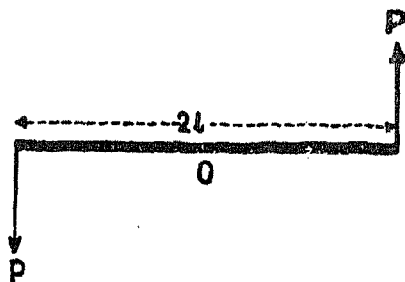
अतएव परिणामी आघूर्ण शून्य के बराबर है। हम यह भी देखते हैं कि दक्षिणावर्ती आघूर्णों का योग (M_1+M_2) तथा वामावर्ती आघूर्णों का योग (M_3+M_4), 2.6Nm के बराबर है।

ऐसी परिस्थिति में हम कहते हैं कि पिंड में न दाहिनी ओर घूमने की प्रवृत्ति है और न बायीं ओर। ऐसी स्थिति में सामान्यतः यह कहते हैं कि पिंड घूर्णी संतुलन में है। अतएव इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि घूर्णी संतुलन की अवस्था को इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है :

किसी बिंदु के गिर्द बलों के दक्षिणावर्ती आघूर्णों का योग उसी बिंदु के गिर्द बलों के वामावर्ती आघूर्णों के योग के बराबर होता है।

इसे आघूर्णों का नियम कहते हैं। संतुलन प्राप्त करने के लिए हम इस नियम का उपयोग करते हैं। परंतु ऐसी परिस्थितियाँ भी हो सकती हैं कि आघूर्ण शून्य न हों। दूसरे शब्दों में दक्षिणावर्ती आघूर्णों का योग वामावर्ती आघूर्णों के योग के बराबर न हो। ऐसी परिस्थितियों में यह परिणाम होगा कि बीजीय जोड़ के ऋणात्मक अथवा धनात्मक होने के अनुसार पिंड दक्षिणावर्त दिशा में अथवा वामावर्त दिशा में घूमने लगे।

4.3 बल-युग्म

ऐसे दो बराबर किंतु विपरीत दिशाओं में कार्य करने वाले बलों के घूर्णी प्रभाव पर विशेष ध्यान देना उचित है जो एक ही रेखा में कार्य न कर रहे हों। बलों के ऐसे जोड़े **बल-युग्म** बनाते हैं।

चित्र 4.3 किसी छड़ पर कार्य करता हुआ बल-युग्म

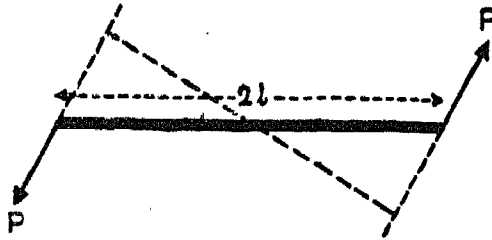
बहुत-सी सामान्य परिस्थितियों में बल-युग्मों का अनुभव होता है। उदाहरण के लिए दवात के ढक्कन को कसने में, पेंचकस को घुमाने में, मोटरगाड़ी के परिचालन चक्र को घुमाने में, आदि।

बल-युग्म के नियम को समझने के लिए $2l$ लंबे हलके छड़ पर विचार करें जो केंद्र O के गिर्द घूमने के लिए मुक्त है (चित्र 4.3)।

मान लीजिए कि दो समांतर बल P, जो मात्रा में बराबर हैं, O के दोनों ओर दो बिंदुओं पर विपरीत दिशाओं में कार्य कर रहे हैं। यह स्पष्ट है कि दोनों बलों का सदिशीय योग शून्य है। अतएव छड़ में स्थानांतरीय गति नहीं होगी।

अब O के गिर्द दोनों बलों के आघूर्ण पर विचार करें।

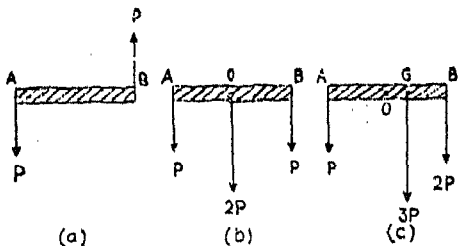
घुमाव उत्पन्न करने वाला आघूर्ण $= Pl + Pl = 2Pl$ है और यह वामावर्त दिशा में है। अतएव पिंड में घूर्णी गति होगी। बल-युग्म के वर्तन-आघूर्ण को 'बल-युग्म का परिमाण' कहते हैं।

किसी बल-युग्म का वर्तन-आघूर्ण दोनों बलों में से किसी बल और उनकी कार्य-रेखाओं के बीच अभिलंब दूरी के गुणनफल के बराबर होता है (चित्र 4.4)।

चित्र 4.4 दो बलों की कार्य-रेखाओं के बीच अभिलंब दूरी

4.4 गुरुत्व-केंद्र

अब हम किसी ऐसे छड़ पर विचार करें जिस पर समांतर बल कार्य कर रहे हों। चित्र 4.5 में तीन परिस्थितियाँ दिखाई गई हैं जिसमें छड़ AB पर समांतर बल कार्य कर रहे हैं। जब बल बराबर होते हैं तथा विपरीत दिशाओं में कार्य करते हैं तब उनसे एक बल-युग्म बनता है (चित्र 4.5 a)। वे किसी एक बल द्वारा प्रतिस्थापित नहीं किये जा सकते।

यदि दो बराबर बल एक ही दिशा में कार्य कर रहे हों (चित्र 4.5 b) तो उन्हें केवल एक बल द्वारा प्रतिस्थापित किया जा सकता है जो AB के मध्यबिंदु O पर कार्य कर रहा हो। परिणामी बल दोनों बलों के समांतर है अर्थात् उसी दिशा में कार्य कर रहा है तथा उनके योग

$(P+P)$ के बराबर हैं। इसके अतिरिक्त किसी बिंदु के गिर्द परिणामी बल का वर्तन-आघूर्ण उसी बिंदु के गिर्द दोनों बलों के वर्तन-आघूर्णों के योग के बराबर है। परन्तु यदि दोनों बल बराबर न हों तो क्या होता है ? जैसा चित्र 4.5 c में दिखाया गया है, वे अब भी एक समांतर

चित्र 4.5 किसी हल्के छड़ पर समांतर बलों का कार्य

बल द्वारा प्रतिस्थापित किये जा सकते हैं जो उनके योग $(P+2P)$ के बराबर है। परन्तु इस बात पर ध्यान देना आवश्यक है कि परिणामी बल O बिंदु पर नहीं अपितु G बिंदु पर कार्य करता है जिसके गिर्द मूल बलों का वर्तन-आघूर्ण संतुलित होता है। यह तभी हो सकता है जब

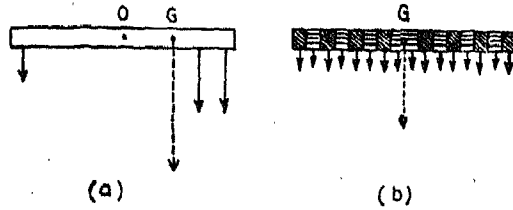
$$AG \times P = GB \times 2P$$

अथवा $AG = 2GB$

इसके अतिरिक्त यह सिद्ध करना सुगम है कि किसी बिंदु के गिर्द परिणामी बल का आघूर्ण उसी बिंदु के गिर्द मूल बलों के आघूर्णों के योग के बराबर होता है।

यहाँ चित्र में बिंदु G के गिर्द आघूर्ण शून्य है।

अतएव हम यह कह सकते हैं कि समदिश समांतर बलों का कोई निकाय (चाहे समान अथवा असमान) एक बल द्वारा प्रतिस्थापित किया जा सकता है जो व्यक्तिगत बलों के योग के बराबर होता है तथा जो बिंदु G से होकर कार्य करता है जिसके गिर्द व्यक्तिगत बलों का आघूर्ण संतुलित होता है (चित्र 4.6)।

बिंदु G को छड़ का गुरुत्वकेंद्र (C. G.) कहते हैं। अन्य बाह्य समांतर बलों के अभाव में ये बल गुरुत्व के कारण उत्पन्न होते हैं। हम जानते हैं कि किसी पिंड का भार उस पिंड के विभिन्न भागों के भार के योग के बराबर होता है। इसके अतिरिक्त प्रत्येक भाग का भार अनुलंब दिशा में नीचे की ओर होता है। अतएव छड़ के लिए उसका भार नीचे की ओर कार्य करने

चित्र 4.6 समदिश समांतर बलों के निकाय का एक बल

वाले समांतर बलों के निकाय के रूप में उसकी पूरी लम्बाई में बँटा हुआ होता है। ये बल छड़ के छोटे-छोटे भागों के भार होते हैं (चित्र 4.6 b)। इन समदिश बलों के निकाय को पहले की तरह केवल एक बल द्वारा प्रतिस्थापित किया जा सकता है जो बिंदु G से गुज़रता है। बिंदु G को छड़ का गुरुत्वकेंद्र (C. G.) कहते हैं।

यदि छड़ एकसमान हो तो उसका गुरुत्वकेंद्र उसके केंद्र पर होगा (G तथा O संपाती होंगे)। परन्तु चूंकि परिणामी बल पूरे छड़ के भार के बराबर होता है, हम यह परिभाषा दे सकते हैं कि **गुरुत्वकेंद्र वह बिंदु है जहाँ पिंड का पूरा भार प्रभावी होता है।** दूसरे शब्दों में, मीटर पैमाने का गुरुत्वकेंद्र उसके मध्य में होता है। इस कारण हम देखते हैं कि यदि क्षुरधार को O के ठीक नीचे रखा जाय तो पैमाना अपने आप से संतुलित हो जाता है। परन्तु हमें यह ध्यान में रखना चाहिए कि पिंडों को गुरुत्वकेंद्र पर सर्वदा आधारित करना ठीक नहीं होता। उदाहरण के लिए काँच की एक बड़ी चादर को गुरुत्वकेंद्र पर आधारित करने से वह टूट सकती है।

जब कोई पिंड विरामावस्था में होता है अथवा गतिशील होता है, इसके गुरुत्वकेंद्र की स्थिति में कोई परिवर्तन नहीं होता। परन्तु यदि पिंड के आकार अथवा स्वरूप में परिवर्तन हो तो गुरुत्वकेंद्र भी परिवर्तित हो जाता है।

4.5 गुरुत्वकेंद्र की स्थिति

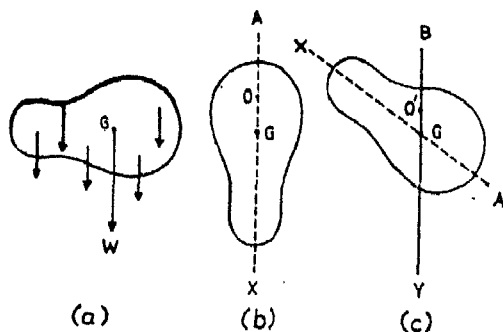
कुछ साधारण उदाहरणों में हम गुरुत्वकेंद्र की स्थिति पर विचार करेंगे।

यदि पिंड का कोई सामान्य ज्यामितीय स्वरूप है और वह सब भागों में एकसमान है तो गुरुत्वकेंद्र पिंड के ज्यामितीय केंद्र पर होगा। हम पहले ही देख चुके हैं कि एकसमान छड़

का गुरुत्वकेंद्र उसके मध्यबिंदु पर होता है। परन्तु इस बात पर ध्यान देना आवश्यक है कि पिंड का गुरुत्वकेंद्र सर्वदा उसके अंदर अथवा उसके ऊपर नहीं होता। उदाहरण के लिए अँगूठी अथवा रबर के खोखले गेंद का गुरुत्वकेंद्र उनके केंद्रों पर होता है। दोनों उदाहरणों में गुरुत्वकेंद्र पिंड के द्रव्य के बाहर होता है।

4.6 गुरुत्वकेंद्र का निर्धारण

सिद्धांतत: पिंडों के गुरुत्वकेंद्र का निर्धारण करने की दो विधियाँ प्राप्त हैं: गणना द्वारा अथवा प्रयोग द्वारा। कुछ सरल ज्यामितीय शक्लों को छोड़ कर गणना के लिए उच्च गणित की आवश्यकता होती है। हम कुछ सरल उदाहरणों में प्रायोगिक विधि तक ही अपने को सीमित करेंगे। नियमित ज्यामितीय शक्ल के पिंडों के लिए गुरुत्वकेंद्र का प्रायोगिक निर्धारण बहुत सुगम है। उदाहरण के लिए हम लोगों ने देखा कि पैमाने को इसके मध्य बिंदु (गुरुत्वकेंद्र) के ठीक नीचे आधारित किया जा सकता है।

अनियमित शक्ल के पिंडों के लिए क्या किया जाता है? ऐसी स्थितियों में सामान्यत: हम परीक्षण प्रणाली द्वारा पिंड को संतुलित करके गुरुत्वकेंद्र ज्ञात करते हैं। उदाहरण के लिए

चित्र 4.7 प्रयोग द्वारा किसी अनियमित पिंड का गुरुत्वकेंद्र ज्ञात करना

गत्ते के अनियमित शक्ल के चपटे टुकड़े पर विचार करें (चित्र 4.7)। हम सरलता से देख सकते हैं कि कुछ परीक्षणों के पश्चात् गत्ते को एक सूची बिंदु पर संतुलित किया जा सकता है। गुरुत्वकेंद्र G संतुलन बिंदु पर है।

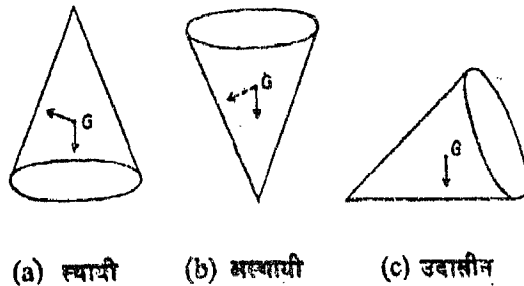
अथवा गत्ते को हम किसी बिंदु O पर कील से लटका सकते हैं। मान लीजिये कि गत्ता झूलने के लिए मुक्त है। हम देखेंगे कि गत्ता एक स्थिति में आकर ठहर जाता है, जब गुरुत्वकेंद्र निलम्बन बिंदु के ठीक नीचे है। ऐसा इस कारण होता है कि अन्य स्थितियों में पिंड के कुल भार का निलंबन बिंदु के गिर्द थोड़ा आघूर्ण होगा और गत्ता संतुलित नहीं होगा। कील से साहुल सूत लटका कर ऊर्ध्वाधर रेखा AX खींची जा सकती है (चित्र 4.7 b)। गत्ते को किसी अन्य बिंदु O से लटका कर प्रयोग को दोहराया जा सकता है और एक दूसरी ऊर्ध्वाधर रेखा BY खींची जा सकती है (चित्र 4.7 c)। चूंकि गुरुत्वकेंद्र को दोनों रेखाओं पर होना चाहिए, **इन रेखाओं के कटानबिंदु G को गुरुत्वकेंद्र होना चाहिए।**

गुरुत्वकेंद्र और संतुलन

यदि बहुत से बल किसी पिंड पर कार्य कर रहे हों और वे उसकी विरामावस्था में अथवा एकसमान गति में कोई परिवर्तन न उत्पन्न कर रहे हों तो यह कहा जाता है कि वे संतुलित हैं। पूर्ण संतुलन के लिए सामान्यतः दो शर्तें आवश्यक होती हैं :

1. पिंड पर कार्य करने वाले सभी बलों का परिणामी बल शून्य हो (जिससे स्थानांतरीय संतुलन हो)।
2. पिंड पर कार्य करने वाला परिणामी आघूर्ण शून्य हो (जिससे घूर्णी संतुलन हो)।

किसी क्षैतिज समतल पर स्थित शंकु, संतुलन की विभिन्न क़िस्मों का अच्छा उदाहरण प्रस्तुत करता है। मान लेते हैं कि शंकु का समतल गोल आधार समतल पर टिका हुआ है।

(a) स्थायी (b) अस्थायी (c) उदासीन

चित्र 4.8 संतुलन की क़िस्में

इस अवस्था में यदि शंकु को विस्थापित करने के लिए इसके शीर्ष पर एक क्षैतिज बल लगाया

जाय तो इसकी चेष्टा संतुलन की स्थिति में वापस आने की होती है। तब हम कहते हैं कि शंकु **स्थायी संतुलन** में है।

इसके पश्चात् हम शंकु के शीर्ष को क्षैतिज समतल पर रख कर इसे संतुलित करने का प्रयत्न करें। हम देखते हैं कि यह असंभव है क्योंकि अत्यंत सूक्ष्म विस्थापन से भी यह गिर जाता है तथा यह अपनी आद्य स्थिति में वापस नहीं आता। तब हम कहते हैं कि क्षैतिज समतल पर शंकु के शीर्ष पर खड़े होने की स्थिति **अस्थायी संतुलन** की है।

अब मान लें कि शंकु क्षैतिज समतल पर अपने पार्श्व द्वारा स्थित है। इस अवस्था में इसे विस्थापित करने पर यह केवल अपने शीर्ष के गिर्द घूम जाता है और अपनी आद्य स्थिति में लौट आने की अथवा विस्थापित स्थिति से आगे जाने की कोई चेष्टा नहीं करता; यह अपनी नई स्थिति में बना रहता है। ऐसी स्थिति में हम कहते हैं कि शंकु **उदासीन संतुलन** में है।

अन्य पिंडों के साथ ऐसे ही प्रेक्षणों से हमें गुरुत्वकेंद्र की स्थिति और तीन प्रकार के संतुलनों के बीच एक संबंध प्राप्त होता है। अब हम चित्र 4.8 (a), (b), (c) की ध्यानपूर्वक परीक्षा करें। जब शंकु अपने गोल आधार पर स्थित रहता है, (चित्र 4.8 a), तब यह देखा जा सकता है कि शंकु शीर्ष पर क्षैतिज बल लगाने से शंकु द्वारा अपने आधार की कोर के गिर्द घूमने की चेष्टा होती है। इसके फलस्वरूप गुरुत्वकेंद्र अपने संतुलन की स्थिति से ऊपर उठता है। इसकी तुलना में जब शंकु अपने शीर्ष पर संतुलित रहता है, (चित्र 4.8 b), तब संतुलन की स्थिति से थोड़ा भी विस्थापित होने से गुरुत्वकेंद्र नीचे आ जाता है। जब शंकु अपने पार्श्व पर स्थित रहता है (चित्र 4.8 c), तब स्थिति इन दोनों चरम स्थितियों के बीच की स्थिति होती है और लुढ़कने से गुरुत्वकेंद्र न ऊपर उठता है न नीचे जाता है।

ऐसी परिस्थितियों के विश्लेषण से यह स्पष्ट होता है कि (क) जब पिंड स्थायी संतुलन में होता है तब थोड़े (घूर्णी) विस्थापन से इसका गुरुत्वकेंद्र ऊपर उठता है, (ख) यदि थोड़े (घूर्णी) विस्थापन से गुरुत्वकेंद्र नीचे आ जाता है तो पिंड अस्थायी संतुलन में है, तथा (ग) यदि थोड़े (घूर्णी) विस्थापन से पिंड का गुरुत्वकेंद्र न ऊपर उठता है न नीचे जाता है तब पिंड उदासीन संतुलन में है।

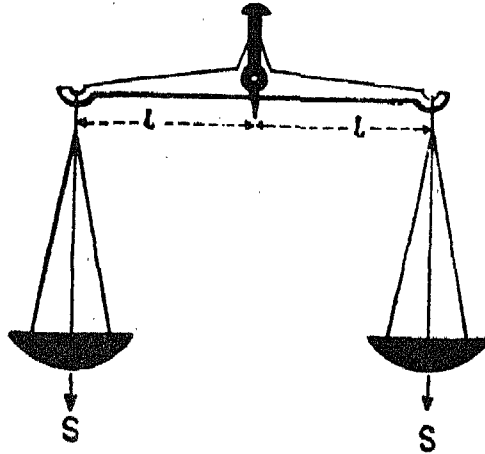
4.7 आघूर्ण-नियम का उपयोग

साधारण तुला : साधारण तुला दैनिक जीवन में आघूर्ण-नियम के प्रायोगिक उपयोग का अच्छा उदाहरण है। टेक का बिंदु, जिसे आलंब कहते हैं, बीच में और तौलने के पलड़े, दंड के

दोनों सिरों पर होते हैं (चित्र 4.9)। जब भार का आघूर्ण बाटों के आघूर्ण के बराबर होता है तब दंड संतुलित हो जाता है। ऐसी स्थिति में तुला का दंड क्षैतिज होगा।

भार के कारण आघूर्ण, भार तथा भार-भुजा के गुणनफल के बराबर होता है और बाटों के कारण आघूर्ण, बाटों तथा आयास-भुजा के गुणनफल के बराबर होता है। अतएव यह आवश्यक है कि भार-भुजा, आयास-भुजा के बराबर हो। जहां कहीं भी दंड क्षैतिज स्थिति में हो, हम आघूर्ण-नियम का उपयोग करके ठीक भार ज्ञात कर सकते हैं। आघूर्ण नियम है,

$$\text{भार} \times \text{भार-भुजा} = \text{बाट} \times \text{आयास-भुजा}$$

परंतु गणना से बचने के लिए और इसे सरल बनाने के लिए यह प्रथा हो गई है कि तुला को बनाते समय भार-भुजा तथा आयास-भुजा को परस्पर बराबर बनाया जाय। यह बात किसी एक-समान घनत्व के सममित दंड को लेकर और उसे उसके गुरुत्वकेंद्र पर कीलकित करके पूरी कर ली जाती है। ऐसी स्थिति में पिंड का भार दंड को क्षैतिज करने के लिए रखे बाटों के बराबर होगा।

चित्र 4.9 साधारण दंड तुला

अतएव अच्छी तुला की विशिष्ट आवश्यकताएँ हैं

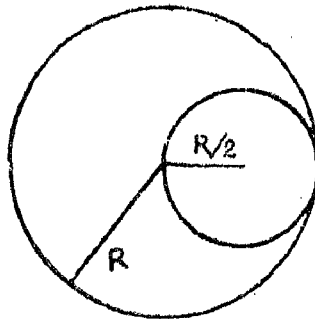
(क) दोनों बाहु l_1 तथा l_2 बराबर हों,

(ख) दोनों पलड़ों का द्रव्यमान बराबर हो, तथा

(ग) तंत्र का गुरुत्वकेंद्र तुला को द्विभाजित करने वाली ऊर्ध्वाधर रेखा पर हो।

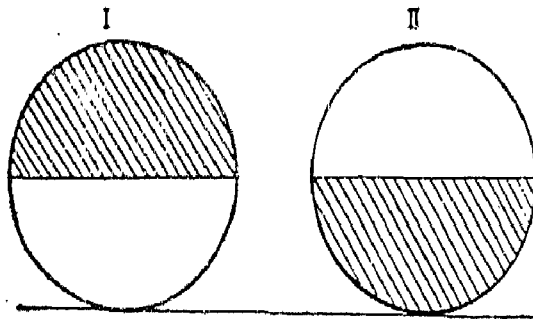
अभ्यास

1. किसी छड़ का आधा भाग तांबे का और आधा भाग इस्पात का बना है। क्या छड़ का गुरुत्वकेंद्र छड़ के ज्यामितीय केंद्र पर है ? यदि नहीं, तो इसकी अवस्थिति ज्ञात कीजिए। तांबे और इस्पात से बने भागों के आपेक्षिक भार को क्रमशः 9 तथा 8 के अनुपात में लीजिए।

2. R अर्धव्यास की एक चक्रिका में से $\frac{R}{2}$ अर्धव्यास की एक चक्रिका काट ली जाती है जैसा चित्र 4.10 में दिखाया गया है। शेष आकृति का गुरुत्वकेंद्र ज्ञात कीजिए।

चित्र 4.10

3. 5N का एक बल एक पिंड पर कार्य कर रहा है तथा 3N का एक दूसरा बल एक दूसरे पिंड पर कार्य कर रहा है। यदि पहले बल की भुजा 1 मी तथा दूसरे बल की भुजा 2 मी हो, तो किसके लिए घूर्णी प्रभाव होगा ?

4. 20N का एक बल, जिसकी भुजा 25 सेमी लंबी है, किसी पिंड को दक्षिणावर्त दिशा में घुमा रहा है। आघूर्ण की गणना कीजिए।

5. किसी गेंद के दोनों आधे भाग भिन्न-भिन्न द्रव्यों के बने हुए हैं। यदि चित्र 4.11 में छायारंजित अर्धांश अधिक भारी हो तो चित्र में दिखाए दो संतुलनों के विषय में क्या कहा जा सकता है ?

चित्र 4.11

6. दो ट्रकों में बराबर बोझ लदा हुआ है। यदि एक में लोहे के छड़ हैं और दूसरे में लकड़ी के लट्ठे, तो उनमें से कौन अधिक संतुलित है ?
7. एक ट्रक पर कुछ भारी बक्सों को तथा कुछ खाली बक्सों को लादना है। किन बक्सों को पहले लादना चाहिए ?
8. जब किसी पिंड को विस्थापित किया जाता है तब यदि उसके गुरुत्वकेंद्र और पृथ्वी में दूरी अपरिवर्तित रहे तो यह,
   (a) स्थायी संतुलन में होगी।
   (b) अस्थायी संतुलन में होगी।
   (c) उदासीन संतुलन में होगी।
   (d) इनमें से किसी में भी नहीं होगी।

अध्याय 5

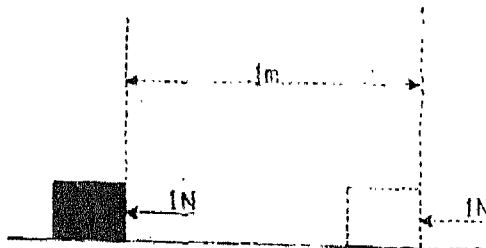
कार्य और ऊर्जा

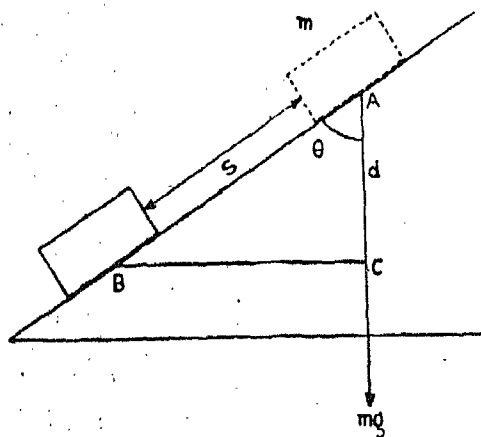
5.1 कार्य

इसके पूर्व हमने पढ़ा है कि जब कोई पिंड किसी बल के प्रभाव में गमन करता है तब यांत्रिक कार्य संपन्न होता है। बल द्वारा पिंड पर किये गये कार्य का मान लगाये गये बल F और उस दूरी s के गुणनफल के बराबर होता है जिससे बल का अनुप्रयुक्त बिंदु बल की दिशा में गमन करता है। इस संबंध को गणितीय रूप में इस प्रकार व्यक्त किया जाता है :

$$W = Fs \qquad (5\text{—}1)$$

कार्य का मात्रक बल के मात्रक तथा दूरी के मात्रक के गुणनफल के बराबर होता है। इसे न्यूटन-मीटर में व्यक्त किया जाता है और इसे जूल कहते हैं।

एक जूल, कार्य का वह परिमाण है जो उस समय किया जाता है जब 1N के बल का अनुप्रयुक्त बिंदु 1 मीटर दूरी तक आगे बढ़ता है (चित्र 5.1)।

चित्र 5.1 कार्य का मात्रक

परंतु यह आवश्यक नहीं है कि विस्थापन सर्वदा बल की दिशा में ही हो। उदाहरण के लिए m द्रव्यमान के एक पिंड पर विचार करें जो एक चिकनी ढलान पर गिर रहा है। mg मात्रा का बल, जो पिंड पर गुरुत्व के कारण है, ऊर्ध्वाधर दिशा में नीचे की ओर है परन्तु विस्थापन आनत समतल की दिशा में है। इस स्थिति में हम बल की गणना कैसे करते हैं ? कल्पना किया कि पिंड समतल पर A से B तक विस्थापित किया जाता है और A तथा B के बीच की दूरी s है (चित्र 5.2)।

चित्र 5.2 आनत समतल की दिशा में विस्थापन

बल की दिशा में विस्थापन का घटक, अर्थात् इस स्थिति में ऊर्ध्वाधर घटक $AC=d$ है। इस तरह गुरुत्व द्वारा पिंड पर किया गया कार्य $mg \times d$ है। यहाँ $d=s \cos \theta$ है जिसमें θ विस्थापन तथा बल के बीच का कोण है। अतः किया गया कार्य

$$W=mg \times s \cos \theta = F \times s \cos \theta$$

जिसमें हमने F को mg के स्थान पर लिखा है। सभी व्यापक परिस्थितियों में संबंध,

$$W=F \times s \cos \theta$$

लागू होता है। जिसमें θ, विस्थापन s एवं बल F के बीच का कोण है।

यदि बल द्वारा कोई विस्थापन नहीं होता तो इस परिभाषा के अनुसार कोई कार्य नहीं

होता है। इस तरह यदि कोई आदमी विराम की स्थिति में कोई सूटकेस पकड़े रहे तो कोई कार्य नहीं होता है। यदि वह सूटकेस लेकर सर्वथा क्षैतिज दिशा में चलता भी है तो भी वह कोई कार्य नहीं करता है। ऐसा इस कारण होता है कि विस्थापन गुरुत्व बल के अभिलंब है ($\cos\theta = \cos 90° = 0$)। निस्संदेह, हमें याद रखना चाहिए कि ऐसा कहने में हमने घर्षण बलों की उपेक्षा कर दी है।

कार्य करने की दर को शक्ति कहते हैं। शक्ति का मात्रक एक जूल प्रति सेकंड है। इस मात्रक को वाट कहते हैं और इसे W प्रतीक द्वारा व्यक्त करते हैं :

$$1\text{W} = 1\frac{\text{J}}{\text{s}} \qquad (5\text{—}2)$$

5.2 गतिज ऊर्जा

हम m द्रव्यमान के पिंड पर विचार करें जो v वेग से चल रहा है। हम v की विपरीत दिशा में बल F लगाकर इसे विरामावस्था में ला सकते हैं। F द्वारा उत्पन्न त्वरण a (वस्तुत: पिंड मंदित होता है) है।

$$a = \frac{F}{m} \qquad (5\text{—}3)$$

गमन के अपने अध्ययन से हम जानते हैं कि

$$V^2 = v^2 + 2as$$

जिसमें v आदि वेग, V अंतिम वेग तथा s तय की हुई दूरी है। यहाँ अंतिम वेग V=0 है। अतएव हम पाते हैं कि

$$0 = v^2 - 2\frac{Fs}{m}$$

अथवा $$v^2 = \frac{2Fs}{m}$$

अथवा $$Fs = \frac{1}{2}mv^2$$

यह ध्यान देने योग्य है कि Fs पिंड द्वारा किया गया कार्य है। इस तरह हम पाते हैं कि m द्रव्यमान का कोई पिंड जो v वेग से चल रहा है, विराम की स्थिति में आने से पहले $\frac{1}{2}mv^2$ कार्य करने की क्षमता रखता है।

कार्य करने की यह क्षमता जो पिंड को गति में रहने के कारण प्राप्त होती है, उसकी गतिज ऊर्जा कहलाती है।

5.3 स्थितिज ऊर्जा

अब हम उस कार्य की गणना करेंगे जो हमें किसी m द्रव्यमान के पिंड को पृथ्वी के तल से h ऊँचाई तक उठाने में करना पड़ता है। जिस बल से पिंड पृथ्वी द्वारा आकृष्ट किया जाता है, वह उसके भार $W = mg$ के बराबर है। पिंड को पृथ्वी के तल से h ऊँचाई तक उठाने में हमें गुरुत्व बल के विरुद्ध कार्य करना पड़ता है। कार्य की यह मात्रा है

$$W = \text{बल} \times \text{विस्थापन}$$
$$= mg \times h$$
$$\therefore \quad W = mgh \qquad (5-4)$$

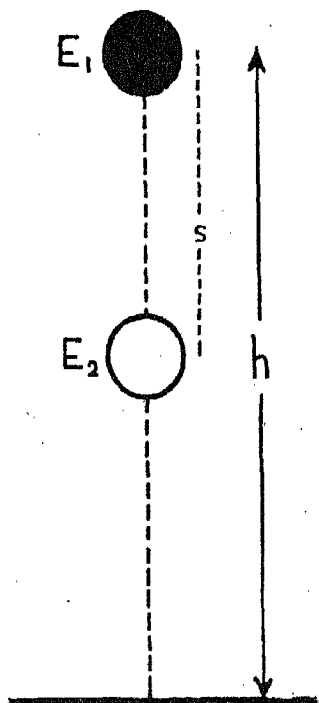
यह कार्य पृथ्वी-पिंड तंत्र में संचित हो जाता है। यह ऊर्जा पृथ्वी और पिंड के पारस्परिक आकर्षण के कारण है और इसका परिमाण पिंड की स्थिति के ऊपर निर्भर करता है। **यदि किसी पिंड में ऊर्जा, किसी अन्य पिंड की अपेक्षा उसकी स्थिति के कारण है तो इस ऊर्जा को उस पिंड की स्थितिज ऊर्जा कहते हैं।**

इस प्रकार से कार्य कर सकने की क्षमता के एक अन्य उदाहरण के लिए हम कमानी पर विचार करते हैं। यदि हम बाह्य बल लगाकर कमानी को दावें, तो इसके विभिन्न भागों के बीच आपेक्षिक अंतराल कम हो जाएगा। इस प्रक्रम में बाह्य बल कमानी पर कुछ कार्य करता है। यदि अब कमानी को छोड़ दें तो यह दिखाया जा सकता है कि अपनी प्रारंभिक शक्ल प्राप्त करने के पहले कमानी कुछ कार्य कर सकती है। इस उदाहरण के लिए तथा पिछले उदाहरण के लिए भी हम कहते हैं कि पिंड में कार्य कर सकने की क्षमता उसके संरूपण के कारण है। यहाँ संरूपण का अधिक व्यापक अर्थ लिया गया है जिससे चारों ओर के अन्य पिंडों के सापेक्ष किसी पिंड की स्थिति अथवा पिंड के विभिन्न भागों की सापेक्ष स्थिति का अर्थ समझा जाता है।

हम लोग सामान्यतः गतिज ऊर्जा को K प्रतीक से एवं स्थितिज ऊर्जा को ϕ प्रतीक से व्यक्त करेंगे।

5.4 ऊर्जा का रूपांतरण तथा संरक्षण

हम उस उदाहरण की ओर लौटते हैं जिसमें m द्रव्यमान का पिंड पृथ्वी-तल से h ऊँचाई

पर स्थिर है (चित्र 5.3)। चूँकि पिंड विराम की अवस्था में है, इसकी गतिज ऊर्जा $K=0$ है और इसकी स्थितिज ऊर्जा $\phi=mgh$ है। इसलिए इस स्थिति में इसकी कुल ऊर्जा है

चित्र 5.3 मुक्त पतन में किसी पिंड की विभिन्न स्थितियाँ

$$E_1=K+\phi=mgh \qquad (5-5)$$

अब हम पिंड को मुक्त कर देते हैं। इससे यह मुक्त रूप से गुरुत्व बल के कारण नीचे गिरता है। जब यह अपनी पहली स्थिति से s दूरी नीचे जाता है तब पृथ्वी-तल से इसकी ऊँचाई $(h-s)$ है। अतएव इसकी स्थितिज ऊर्जा $mg\,(h-s)$ है।

चूँकि इसका प्रारंभिक वेग शून्य था, इसलिए हम पाते हैं कि

$$v^2=2gs$$

अतएव पिंड की गतिज ऊर्जा है

$$K=\frac{1}{2}mv^2=mgs$$

इस स्थिति में पिंड की कुल ऊर्जा है

$$E_2=K+\phi=mgh \qquad (5-6)$$

जिसका मान वही है जो पिंड की प्रारंभिक ऊर्जा का था। अतएव गुरुत्व के प्रभाव से मुक्त पतन में पिंड की कुल ऊर्जा अपरिवर्तित रहती है क्योंकि स्थितिज ऊर्जा की कमी गतिज ऊर्जा की उपलब्धि से पूरी हो जाती है। जब पिंड पृथ्वी-तल पर पहुँचता है, इसकी स्थितिज ऊर्जा लुप्त हो जाती है और कुल ऊर्जा गतिज ऊर्जा में रूपांतरित हो जाती है। परंतु ऊर्जा का संपूर्ण योग पहले ही जैसा रहता है।

ऊर्जा का एक रूप से दूसरे रूप में यह परिवर्तन ऊर्जा का रूपांतरण कहलाता है।

ऊपर के उदाहरण में हमने यह देखा कि यद्यपि ऊर्जा एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित हो जाती है, ऊर्जा की कुल मात्रा अपरिवर्तित रहती है। यह एक व्यापक सिद्धांत का विशिष्ट रूप है जिसके अनुसार **किसी वियुक्त तंत्र (अर्थात् कई पिंडों का समूह जो एक दूसरे पर प्रभाव**

डालते हैं परंतु अन्य सभी पिंडों के प्रभाव से मुक्त होते हैं) की ऊर्जा अचर रहती है। इसे ऊर्जा के संरक्षण का सिद्धांत कहते हैं।

5.5 ऊर्जा के अन्य रूप

जब मुक्त रूप से गिरता हुआ पिंड अन्त में पृथ्वी से टकराता है तब गतिज ऊर्जा भी समाप्त हो जाती है और स्थितिज ऊर्जा भी नहीं होती और इसकी कुल ऊर्जा शून्य के बराबर प्रतीत होती है। तो क्या यह ऊर्जा-संरक्षण के सिद्धांत का अतिक्रमण है?

हम देखते हैं कि जब पिंड की टक्कर पृथ्वी से होती है तब ध्वनि, ऊष्मा और कभी प्रकाश भी पैदा होता है। उच्च कक्षाओं में हम देखेंगे कि ध्वनि, ऊष्मा अथवा प्रकाश का उपयोग करके कार्य किया जा सकता है, अर्थात् ध्वनि, ऊष्मा और प्रकाश ऊर्जा के विभिन्न रूप हैं। यदि विभिन्न प्रकार की ऊर्जाओं को कोई ध्यान में रखे, तो यह सिद्ध किया जा सकता है कि किसी तंत्र की कुल ऊर्जा अचर रहती है।

भविष्य में हम विद्युतीय, चुंबकीय, रासायनिक, नाभिकीय आदि कई प्रकार के ऊर्जा के रूपों के विषय में पढ़ेंगे। अपने प्रसिद्ध अपेक्षिकीय सिद्धांत में आइन्स्टीन ने यह दिखाया कि जब द्रव्यमान विरामावस्था में होता है तब भी उसमें ऊर्जा होती है। उसने यह सिद्ध किया कि इस ऊर्जा का सूत्र है $E = mc^2$, जिसमें c प्रकाश का वेग है। दूसरे शब्दों में यदि किसी वियुक्त तंत्र के द्रव्यमान में कमी हो तो उसकी ऊर्जा बढ़ेगी। अतएव सही अर्थों में ऊर्जा के संरक्षण का सिद्धांत तभी प्रामाणिक माना जा सकता है जब इसमें ऊर्जा के सभी रूपों का समावेश किया जाय।

5.6 ऊर्जा के स्रोत

ऊर्जा का अधिकांश हमें पत्थर के कोयले और तेल को जलाने से प्राप्त होता है। पत्थर का कोयला तथा तेल दोनों ही अश्मीभूत ईंधन हैं। वे उन वनस्पतियों और जीवों से बने हैं जो बहुत प्राचीन काल में जीवित थे। वनस्पतियों और जीवों के ये अवशेष बहुत काल तक मिट्टी के नीचे दबे पड़े रहे और भूगर्भस्थित पत्थर एवं तेल के भण्डार इनसे बनें।

पवन (गतिमान वायु) तथा बहते पानी में गतिज ऊर्जा होती है। पवनचक्की का उद्भव पवन की गतिज ऊर्जा को उपयोगी कार्य के रूप में प्राप्त करने के लिए किए गए मानव के

अनुसंधान से हुआ। गेहूँ को पीस कर आटा बनाना इस युक्ति के प्रारंभिक उपयोगों में से एक था। इसी से पवनचक्की नाम चल निकला।

इसी तरह झरने की स्थितिज ऊर्जा तथा बहती नदी की गतिज ऊर्जा का उपयोग करने के लिए पवनचक्की का आविष्कार हुआ। हाल ही में समुद्र की तरंगों की ऊर्जा को उपयोग में लाने के प्रयत्न किए गए हैं। ज्वार के समय पानी को अवरुद्ध कर लिया जाता है जिससे शक्ति प्राप्त की जाती है। खंबात की खाड़ी (गुजरात में) एवं सुंदरबन (पश्चिमी बंगाल) में ज्वार की शक्ति के उपयोग की अच्छी सम्भानाएँ हैं।

ऊर्जा के इन रूपों के अतिरिक्त पृथ्वी को सूर्य से बहुत बड़ी मात्रा में ऊर्जा प्रति दिन मिलती है। इसे सौर ऊर्जा कहते हैं। जब दिन साफ़ हो तो मध्याह्न के समय पृथ्वी तल को $1\frac{kW}{m^2}$ की दर से ऊर्जा मिलती है। भोजन बनाने, द्रवण तथा मकानों को गर्म करने के लिए सौर ऊर्जा का उपयोग अब संभव है। अंतरिक्ष उड़ानों में सौर बैटरियों का उपयोग हुआ है। ये बैटरियाँ सौर ऊर्जा का उपयोग करती हैं। सारी दुनिया में इस बात के सक्रिय प्रयत्न जारी हैं कि भविष्य में बड़े पैमाने पर सौर ऊर्जा का उपयोग विद्युत ऊर्जा प्राप्त करने के लिए किया जा सके।

पशुओं के गोबर जैसे अपशिष्ट पदार्थों की ऊर्जा को उपयोग में लाने के प्रयत्न से ऊर्जा के एक दिलचस्प घरेलू स्रोत का उद्भव हुआ है जिसे बायोगैस अथवा गोबर गैस कहते हैं। यह अनुमान किया गया है कि ईंधन का कोई अन्य स्रोत न होने के कारण किसान प्रति वर्ष लगभग 35 करोड़ टन गोबर जला देते हैं। गाँवों के घरों के लिए भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद् ने एक सरल और चलाने में सुगम गोबर गैस संयंत्र बनाया है। गोबर के किण्वन से एक ज्वलनशील गैस मीथेन प्राप्त होती है जिसका उपयोग ईंधन के लिए किया जा सकता है और अवशेष को खाद के तौर पर उपयोग में लाया जा सकता है। गैस की नीली ज्वाला पर्याप्त गर्म और धुआँ रहित होती है जिससे शीघ्र ही स्वच्छ भोजन बनाया जा सकता है। इसमें कोई दुर्गन्ध नहीं होती अतएव स्वास्थ्य के लिए बिना किसी हानि के इस यंत्र को लगाया जा सकता है।

अभ्यास

1. कार्य, ऊर्जा एवं शक्ति शब्दों की परिभाषा बताइए। कार्य तथा ऊर्जा में क्या अंतर होता है ? जब आप सीढ़ियों पर चढ़ते हैं तब क्या कुछ कार्य करते हैं ?

2. स्थितिज ऊर्जा तथा गतिज ऊर्जा के बीच अंतर बताइए। कुतुबमीनार की ऊँचाई 72 मीटर है। 50 किग्रा भार का मनुष्य ऊपर तक चढ़ने में कितना कार्य करता है।
3. 5 ग्राम द्रव्यमान की एक गोली 100 मी/से के अचर वेग से छोड़ी जाती है। इसकी गतिज ऊर्जा क्या है ? यदि बंदूक की नली की लंबाई 1 मीटर है तो जली गैस द्वारा गोली पर कितना बल लगता है ?
4. (a) बराबर द्रव्यमान के दो पिंडों को h तथा 2h की ऊँचाइयों पर रखा गया है। उनकी स्थितिज ऊर्जा में क्या अनुपात होगा ?

   (b) बराबर द्रव्यमान के दो पिंड v तथा 2v वेग से चल रहे हैं। उनकी गतिज ऊर्जा का अनुपात ज्ञात कीजिए।
5. दो उदाहरणों के साथ व्याख्या कीजिए : (a) अवस्थिति के कारण स्थितिज ऊर्जा, (b) संरूप के कारण स्थितिज ऊर्जा, (c) गतिज ऊर्जा।
6. 2000 किग्रा द्रव्यमान का एक पिंड 40 मी/से के वेग से चल रहा है। यदि प्रतिरोधी बल लगाकर इसे 200 मीटर की दूरी में रोक लिया जाय तो बल का मान क्या होगा ?
7. जब एक पत्थर के टुकड़े को ऊपर की ओर फेंका जाता है तब वह 19.6 मीटर की ऊँचाई तक उठता है। उसका प्रारंभिक वेग क्या था ?
8. निम्नलिखित के उत्तर लिखिए:
   (a) घड़ी में ऊर्जा कैसे संचित की जाती है ?
   (b) जब कोई चालक किसी पहाड़ी पर अपना वाहन चढ़ाता है, तब उसकी चाल क्यों बढ़ा देता है ?
   (c) जब कोई पिंड घर्षणहीन पथ पर चलता है, तब उसकी ऊर्जा अचर रहती है। क्यों ?

अध्याय 6

परमाणु व आणविक द्रव्यमान, मोल संकल्पना व रासायनिक समीकरण

पिछली कक्षाओं में बताया जा चुका है कि पदार्थ अणुओं तथा परमाणुओं से बना होता है। प्रत्येक तत्त्व का परमाणु विशेष प्रकार का होता है। किसी अणु में उपस्थित तत्त्वों के परमाणु हमेशा एक निश्चित अनुपात में होते हैं। किन्हीं दो तत्त्वों के परमाणु एक से अधिक अनुपातों में संयोजन कर सकते हैं। व्यक्तिगत परमाणुओं के द्रव्यमान बहुत ही कम होते हैं। उदाहरण के लिए हाइड्रोजन, ऑक्सीजन व सिल्वर परमाणुओं के द्रव्यमान क्रमशः 1.673×10^{-24}, 26.558×10^{-24} व 179.06×10^{-24} ग्राम हैं। साधारण कार्य हेतु एक ऐसी विशिष्ट इकाई को परिभाषित करना सुविधाजनक होगा जिसके द्वारा परमाणुओं के द्रव्यमानों को बिना घातांकों (exponents) अथवा घातों (powers) के प्रयोग के ही निर्देशित किया जा सके। इस इकाई को परमाणु द्रव्यमान इकाई कहते हैं।

6.1 परमाणु द्रव्यमान इकाई क्या है ?

प्रारंभ में तत्त्वों में सबसे हल्का तत्त्व, हाइड्रोजन, एक मानक के रूप में प्रयुक्त किया गया और इसका परमाणु द्रव्यमान इकाई के बराबर मान लिया गया। अन्य तत्त्वों के परमाणु द्रव्यमान यह इंगित करते थे कि उनके परमाणु, हाइड्रोजन परमाणु की अपेक्षा कितने गुना भारी हैं। उन्नीसवीं शताब्दी के लगभग मध्य में ऑक्सीजन को द्रव्यमान की इकाई चुना गया। 1961 में एक और संशोधन प्रस्तुत किया गया जिसको आजकल माना जाता है। इसके अनुसार

परमाणु द्रव्यमान की इकाई ^{12}C के उस समस्थानिक को माना गया जिसके न्यूक्लियस में 6 प्रोटॉन तथा 6 न्यूट्रॉन हैं तथा जो हाइड्रोजन के एक परमाणु से 12 गुना भारी है। यह इकाई ^{12}C के एक परमाणु के भार का ठीक $\frac{1}{12}$ है। इसको **परमाणु द्रव्यमान इकाई** (amu) कहते हैं। ^{12}C मापक्रम का हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन पर आधारित मापक्रमों के ऊपर एक यह लाभ भी है कि इस मापक्रम में किसी तत्त्व के समस्थानिक का द्रव्यमान उस समस्थानिक की द्रव्यमान संख्या के लगभग बराबर होता है। इस आधार पर कुछ तत्त्वों के परमाणु द्रव्यमान सारणी 6.1 में दिए गए हैं। 'परमाणु द्रव्यमान इकाई' शब्द परमाणु द्रव्यमान लिखते समय प्रायः नहीं लिखे जाते हैं।

सारणी 6.1

कुछ तत्त्वों के परमाणु द्रव्यमान

तत्त्व	परमाणु द्रव्यमान (amu)
हाइड्रोजन	1·008
कार्बन	12·01
ऑक्सीजन	15·999
क्लोरीन	35·45
पोटैशियम	39·10
ज़िंक	65·37
सिल्वर	107·87

6.2 आणविक द्रव्यमान क्या है ?

किसी पदार्थ का आणविक द्रव्यमान उस पदार्थ के एक अणु का द्रव्यमान है जो कि परमाणु द्रव्यमान इकाइयों में निरूपित किया जाता है। यदि किसी पदार्थ का आणविक सूत्र ज्ञात हो तब उस अणु में उपस्थित परमाणुओं की संख्या व तत्त्वों के परमाणु द्रव्यमानों के

आधार पर उसका आणविक द्रव्यमान परिकलित (calculate) किया जा सकता है। उदाहरणतः, जल का आणविक सूत्र H_2O है।

जल का आणविक द्रव्यमान $=$ 2 (हाइड्रोजन का परमाणु द्रव्यमान) $+$
1 (ऑक्सीजन का परमाणु द्रव्यमान)
$=(2\times1.008$ amu$)+(1\times15.999$ amu$)$
$=18.015$

सारणी 6.2 में कुछ पदार्थों के आणविक द्रव्यमान दिए गए है।

सारणी 6.2

कुछ पदार्थों के आण्विक द्रव्यमान

पदार्थ	आण्विक सूत्र	आण्विक द्रव्यमान (amu)
हाइड्रोजन	H_2	2·016
क्लोरीन	Cl_2	70·90
कार्बन डाइऑक्साइड	CO_2	44·01
मैग्नीशियम ऑक्साइड	MgO	39·31
कैल्सियम कार्बोनेट	$CaCO_3$	100·09

6.3 मोल क्या है ?

किसी पदार्थ की थोड़ी-सी मात्रा में भी परमाणुओं, अणुओं या आयनों जैसे कणों की बड़ी संख्या होती है। उदाहरणत: 1 मिग्रा सिल्वर में 558×10^{16} परमाणु, उतने ही कार्बन में 5019×10^{16} परमाणु व 1 मिली ऑक्सीजन (760 mm Hg दाब व 0°C पर) में 268×10^{17} अणु होते हैं। यह संख्याएँ व्यवहार हेतु विशाल रूप से बड़ी संख्याएँ है। तब भी किसी रासायनिक अभिक्रिया में निहित कणों की संख्या का ज्ञान महत्त्वपूर्ण होता है।

मोल, रसायनज्ञों की गणना में प्रयुक्त, एक इकाई है, शायद इसी तरह जैसे हम किसी वस्तु की 12 इकाइयों के लिए 1 'दर्जन' शब्द प्रयोग में लाते हैं। एक मोल, 6.023×10^{23}

कणों के समुच्चय को निदेशित करता है। यह संख्या, यथार्थ में, आवोगाद्रो संख्या है। 'कण' शब्द पर बल देना चाहिए क्योंकि मोल संकल्पना न केवल अणुओं वरन् परमाणुओं आदि के लिए भी प्रयुक्त होती है। इस प्रकार जब कि हाइड्रोजन अणुओं का एक मोल अपने अणुओं की एवोगाद्रो संख्या की ओर इंगित करता है, तब हाइड्रोजन परमाणु का एक मोल परमाणुओं की उतनी ही संख्या को निदेशित करता है। एक मोल की सार्थकता यह है कि यह द्रव्यमान को ग्रामों में निदेशित करता है जो कि परमाणु द्रव्यमान इकाइयों में निदेशित आणविक या परमाणु द्रव्यमान से संख्यात्मक रूप से बराबर होता है। मोल इस प्रकार संख्या एवं मात्रा दोनों को ही निदेशित करता है। निम्न उदाहरण मोल संकल्पना को चित्रित करते हैं :

1. एक हाइड्रोजन अणु का द्रव्यमान 2.016 amu है। हाइड्रोजन के 1 मोल का द्रव्यमान, जिसमें एवोगाद्रो संख्या (6.023×10^{23}) के बराबर हाइड्रोजन अणु होते हैं, 2.016 ग्राम है।
2. एक सिल्वर परमाणु का द्रव्यमान 107.87 amu है। सिल्वर परमाणुओं के दो मोल, जिनमें $2 \times 6.023 \times 10^{23}$ परमाणु होंगे, सिल्वर के 2×107.87 या 215.74 ग्राम के द्रव्यमान के तदुनरूपी होंगे।

समस्या 6.1

परिपाटी (convention) के अनुसार ^{12}C का परमाणु द्रव्यमान 12.000 amu है। परमाणु द्रव्यमान इकाई के मान का ग्रामों में परिकलन करिए।

हल

^{12}C के 1 मोल के अर्थ हुए ^{12}C के 6.023×10^{23} परमाणु व 12.000 ग्राम का एक द्रव्यमान, अर्थात्, एक ^{12}C परमाणु का द्रव्यमान $= \dfrac{12.000}{6.023 \times 10^{23}}$ ग्रा

क्योंकि ^{12}C का परमाणु द्रव्यमान 12.000 amu है

$$1 \text{ amu} = \frac{12.000}{12.000 \times 6.023 \times 10^{23}} \text{ ग्रा}$$

$$= \frac{1}{6.023 \times 10^{23}} \text{ ग्रा} = 1.66 \times 10^{-24} \text{ ग्रा}$$

समस्या 6.2

एक मिलीग्राम सिल्वर में परमाणुओं की संख्या का परिकलन करिए।

हल

सिल्वर का परमाणु द्रव्यमान $=107.87$ amu

सिल्वर के 107.87 ग्रा = सिल्वर परमाणुओं का 1 मोल

अर्थात्, 0.001 ग्रा सिल्वर $= \frac{0.001}{107.87} = 0.927 \times 10^{-5}$ मोल (सिल्वर परमाणुओं के)

1 मोल सिल्वर में 6.023×10^{23} परमाणु होते हैं।

अतएव सिल्वर परमाणुओं के 0.927×10^{-5} मोल में परमाणुओं की संख्या

$$= 0.927 \times 10^{-5} \times 6.023 \times 10^{23} = 5.58 \times 10^{18} \text{ परमाणु}$$

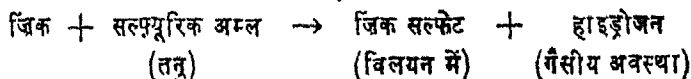
6.4 रासायनिक समीकरण क्या है ?

हम पहले ही तत्त्वों के निदेशन हेतु संकेतों (symbols) व अणुओं व यौगिकों के निदेशन हेतु सूत्रों (formulae) के प्रयोग के बारे में पढ़ चुके हैं। हम इनका एक रासायनिक अभिक्रिया के निदेशन में कैसे प्रयोग करते हैं ? किसी अभिक्रिया में अंतर्ग्रस्त पदार्थों के द्रव्यमान आपस में कैसे संबंधित हैं ?

हम निम्न उदाहरण पर विचार करें :

जिंक धातु तनु सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ अभिक्रिया करके जिंक सल्फेट (विलयन में) देता है व हाइड्रोजन गैस का निकास होता है।

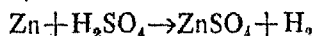
इस अभिक्रिया को लिखा जा सकता है :

जिंक + सल्फ्यूरिक अम्ल (तनु) → जिंक सल्फेट (विलयन में) + हाइड्रोजन (गैसीय अवस्था)

ऊपर प्रयोग में लायी गयी परिपाटी है :

1. वह पदार्थ जो अभिक्रिया करते हैं (अभिकारक = reactants) → चिह्न के बायीं ओर लिखे जाते हैं।
2. रासायनिक अभिक्रिया द्वारा विरचित पदार्थ (उत्पाद = product) → चिह्न के दायीं ओर लिखे जाते हैं।

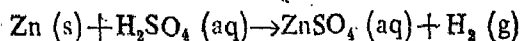
3. + चिह्न अभिकारकों के लिए 'अभिक्रिया करना' के लिए प्रयुक्त होता है। उत्पादों के लिए इसके अर्थ हुए 'और'।
4. → चिह्न का प्रयोग यह बताता है कि अभिकारक अभिक्रिया करके उत्पाद बनाते हैं। कभी-कभी चिह्न (=) भी → के स्थान में प्रयुक्त होता है।

अंतर्ग्रस्त पदार्थों के संकेतों व सूत्रों का प्रयोग कर, उपरोक्त अभिक्रिया को हम निम्न रीति से निरूपित कर सकते हैं :

$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$$

किसी रासायनिक अभिक्रिया के इस प्रकार के निदेशन को **रासायनिक समीकरण** कहते हैं।

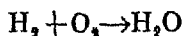
इस बात पर बल देना आवश्यक है कि रासायनिक समीकरण एक ऐसी वास्तविक रासायनिक अभिक्रिया का निदेशन करता है जिसमें कि अभिकारक व उत्पाद ज्ञात होते हैं।

अभिकारकों व उत्पादों की भौतिक अवस्था के बारे में सूचना की पूर्ति हेतु उपरोक्त समीकरण का संशोधन निम्न रूप से किया जाता है :

$$Zn\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \rightarrow ZnSO_4\ (aq) + H_2\ (g)$$

s के अर्थ हैं **ठोस** अवस्था, g **गैसीय** अवस्था व aq **जलीय विलयन** इंगित करते हैं। अक्सर (↑) संकेत प्रयुक्त किया जाता है जो कि यह इंगित करता है कि अभिक्रिया के परिणामस्वरूप जनित पदार्थ का गैसीय अवस्था में निकास होता है। जब तक भौतिक अवस्था बताना आवश्यक न हो, यह सामान्यतः किसी रासायनिक समीकरण में नहीं रखे जाते हैं।

6.5 रासायनिक समीकरण संतुलित कैसे की जाती है ?

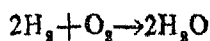
किसी भी रासायनिक अभिक्रिया में एक तत्व के परमाणुओं की संख्या समीकरण के दोनों ओर बराबर होनी चाहिए, चाहे जिस अवस्था में वह परमाणु अस्तित्व रखते हों (**द्रव्यमान की अविनाशिता का नियम** law of conservation of mass)। पूर्वगामी अभिक्रिया के समीकरण में यह तथ्य स्पष्टतः लागू है। अब हम दूसरा उदाहरण लें। जब हाइड्रोजन, ऑक्सीजन में जलाया जाता है तब जल बनता है। इस अभिक्रिया को निम्न ढंग से निरूपित किया जा सकता है :

$$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$$

यह एक कंकाल (skeleton) समीकरण है। हम यह देख सकते हैं कि समीकरण के

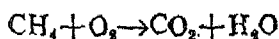
दोनों ओर ऑक्सीजन परमाणुओं की संख्या बराबर नहीं है। यह भी सही है कि अभिक्रिया को निम्न ढंग से भी नहीं लिखा जा सकता है :

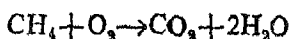
$$H_2+O \rightarrow H_2O$$

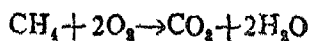
क्योंकि ऑक्सीजन सामान्यतः आणविक अवस्था (O_2) में रहता है, न कि परमाणु अवस्था में। एक समुचित समीकरण वह होगा जिसमें हाइड्रोजन के दो अणु, ऑक्सीजन के एक अणु के साथ अभिक्रिया करते हैं, और जल के दो अणुओं का विरचन होता है।

$$2H_2+O_2 \rightarrow 2H_2O$$

इस प्रकार, ऑक्सीजन व हाइड्रोजन के परमाणुओं की संख्या समीकरण के दोनों ओर बराबर है। यह समुचित गुणांक (coefficient) जाँच द्वारा निकाले जा सकते हैं। इसको रासायनिक समीकरण का संतुलन कहते हैं।

अब हम एक दूसरे उदाहरण पर विचार करें। मेथेन (CH_4) ऑक्सीजन में जल कर, जल व कार्बन डाइऑक्साइड बनाता है। कंकाल समीकरण है :

$$CH_4+O_2 \rightarrow CO_2+H_2O$$

यह समीकरण केवल कार्बन परमाणुओं के संदर्भ में संतुलित है। हाइड्रोजन के संदर्भ में संतुलित करने के लिए हम H_2O के दो अणु लिख सकते हैं।

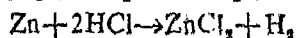
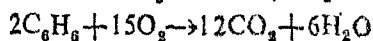
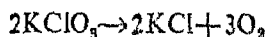
$$CH_4+O_2 \rightarrow CO_2+2H_2O$$

अब दाहिने ओर ऑक्सीजन के चार परमाणु हैं जबकि बायें ओर केवल दो ही परमाणु हैं। ऑक्सीजन परमाणुओं की संख्या को संतुलित करने के लिए हम ऑक्सीजन के दो अणु लेकर निम्न समीकरण बनाते हैं :

$$CH_4+2O_2 \rightarrow CO_2+2H_2O$$

यह एक संतुलित समीकरण है।

संतुलित समीकरणों के कुछ अन्य उदाहरण निम्न हैं :

$$2KClO_3 \rightarrow 2KCl+3O_2$$

$$2C_6H_6+15O_2 \rightarrow 12CO_2+6H_2O$$

$$Zn+2HCl \rightarrow ZnCl_2+H_2$$

अन्य कई अभिक्रियाओं के समीकरण इसी रीति से संतुलित किए जा सकते हैं।

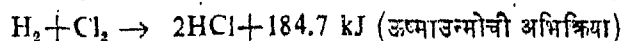
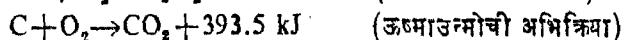
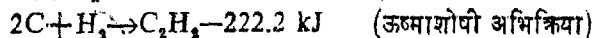
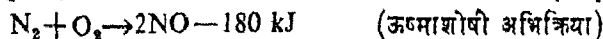
6.6 ऊष्मारासायनिक समीकरण (thermochemical equation) क्या है ?

अधिकांश रासायनिक अभिक्रियाओं में ऊष्मा का शोषण (absorption) अथवा निकास (evolution) होता है। इनको क्रमश: **ऊष्माशोषी व ऊष्माउन्मोची** अभिक्रियाएँ कहते हैं, जैसे

$N_2+O_2 \rightarrow 2NO-180$ kJ (ऊष्माशोषी अभिक्रिया)

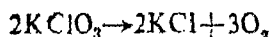
$2C+H_2 \rightarrow C_2H_2-222.2$ kJ (ऊष्माशोषी अभिक्रिया)

$C+O_2 \rightarrow CO_2+393.5$ kJ (ऊष्माउन्मोची अभिक्रिया)

$H_2+Cl_2 \rightarrow 2HCl+184.7$ kJ (ऊष्माउन्मोची अभिक्रिया)

ऐसा समीकरण जिसमें ऊष्मा परिवर्तन की सूचना भी रहती है, **ऊष्मारासायनिक समीकरण** कहलाता है।

6.7 रासायनिक समीकरणों पर आधारित परिकलन

हम पढ़ चुके हैं कि संकेतों व सूत्रों के स्पष्ट मात्रात्मक (*quantitative*) अर्थ होते हैं। इस प्रकार रासायनिक समीकरण हमको वह सब सूचना देते हैं जो हमें उपभुक्त (consumed) या जनित पदार्थों के द्रव्यमानों के परिकलन के लिए आवश्यकीय होती है। निम्न अभिक्रिया पर विचार करें :

$$2KClO_3 \rightarrow 2KCl+3O_2$$

यह समीकरण हमें बताता है कि $KClO_3$ के दो अणु अपघटित होकर KCl के दो अणु व ऑक्सीजन के तीन अणु बनाते हैं। क्योंकि किसी पदार्थ के 1 मोल में अणुओं, परमाणुओं या आयनों की वही संख्या होती है, यह निष्कर्ष निकलता है कि $KClO_3$ के दो मोल अपघटित होकर KCl के दो मोल व ऑक्सीजन के 3 मोल देते हैं।

1 मोल $KClO_3$ का द्रव्यमान = 122.56 ग्रा

1 मोल KCl का द्रव्यमान = 74.56 ग्रा

1 मोल ऑक्सीजन का द्रव्यमान = 32.0 ग्रा

इस प्रकार हम लिख सकते हैं

2×122.56 अथवा 245.12 ग्रा $KClO_3$ अपघटित होकर

2×74.56 अथवा 149.12 ग्रा KCl व 3×32 अथवा 96 ग्रा ऑक्सीजन देते हैं।

जब कभी कोई अभिकर्मक या उत्पाद एक गैस हो, तब यह स्मरण रखना उपयोगी

होता है कि 1 मोल गैस STP (अर्थात् 760 mm Hg दाब व 0°C ताप पर) पर 22.414 लीटर आयतन घेरती है। उपरोक्त उदाहरण में प्राय: 3×22.4 या 67.2 लीटर ऑक्सीजन STP पर जनित होता है।

समस्या 6.3

उपरोक्त समीकरण में 32 ग्रा ऑक्सीजन के उत्पादन हेतु पोटैशियम क्लोरेट के द्रव्यमान का परिकलन करिए।

हल

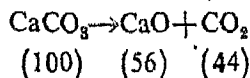
हम जान चुके हैं कि 96.0 ग्रा ऑक्सीजन, 245.12 ग्रा $KClO_3$ से प्राप्त होते हैं। अतएव 32 ग्रा ऑक्सीजन प्राप्त होंगे $KClO_3$ के $\frac{245.12}{96} \times 32$ ग्रा अथवा 81.71 ग्रा $KClO_3$ से।

समस्या 6.4

50 ग्रा कैल्सियम कार्बोनेट को गरम करने से बने कैल्सियम ऑक्साइड के द्रव्यमान का परिकलन करिए। STP पर जनित CO_2 का आयतन क्या होगा ? (amu में परमाणु द्रव्यमान हैं, Ca=40, C=12, O=16)

हल

कैल्सियम कार्बोनेट के तापीय अपघटन का समीकरण है :

$$\underset{(100)}{CaCO_3} \rightarrow \underset{(56)}{CaO} + \underset{(44)}{CO_2}$$

यह एक संतुलित समीकरण है और संख्याएँ अपने आणविक द्रव्यमानों को निदेशित करती हैं। समीकरण यह बताता है कि 1 मोल $CaCO_3$ अपघटित होकर 1 मोल CaO अथवा 100 ग्रा $CaCO_3$ अपघटित होकर 56 ग्रा CaO देते हैं।

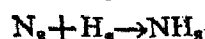
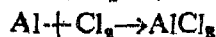
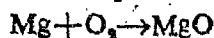
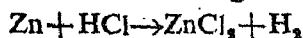
अतएव, 50 ग्रा $CaCO_3$ देंगे $\frac{56}{100} \times 50$ ग्रा $CaO = 28$ ग्रा CaO

और 100 ग्रा $CaCO_3$ देते हैं 22.414 ली CO_2 (STP पर)

50 ग्रा $CaCO_3$ देंगे $\frac{22.414}{100} \times 50 = 11.207$ ली CO_2 (STP पर)

अभ्यास

1. (अ) परमाणु द्रव्यमान इकाई क्या है ? इस इकाई को प्रस्तावित करना आवश्यक क्यों है ?
   (ब) परमाणु व अणु द्रव्यमान पदों की व्याख्या कीजिए।
   (स) ग्लूकोस का अणु सूत्र $C_6H_{12}O_6$ है। amu में अणु द्रव्यमान परिकलित करिए।
2. मोल (mole) संकल्पना की विवेचना करिए। 0.2 मोल (mole) H_2O व 1.5 मोल (mole) CH_4 में ग्रामों की संख्या की गणना करिए।
3. 5.0 मोल NH_3 का द्रव्यमान क्या होगा ? इसमें NH_3 अणुओं की व नाइट्रोजन तथा हाइड्रोजन परमाणुओं की संख्या का परिकलन करिए।
   (आवोगाद्रो संख्या $= 6.023 \times 10^{23}$)
4. 100 ग्राम फ़ास्फ़ोरस में फ़ास्फ़ोरस (P) परमाणुओं के मोलों की संख्या परिकलित करिए। यदि यह माना जाता है कि फास्फोरस में P_4 अणु होते हैं तब P_4 अणुओं के मोलों की संख्या क्या होगी ?
5. (अ) किसी रासायनिक समीकरण को संतुलित करना आवश्यक क्यों है ? किसी रासायनिक समीकरण को संतुलित कैसे किया जाता है ?
   (ब) निम्न कंकाली समीकरणों को संतुलित करिए :

$$Zn + HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$
$$KClO_3 \rightarrow KCl + O_2$$
$$Mg + O_2 \rightarrow MgO$$
$$Al + Cl_2 \rightarrow AlCl_3$$
$$N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$$

6. निम्न अभिक्रियाओं के लिए संतुलित समीकरण लिखिए तथा समीकरणों को यथासंभव सूचनादायक (informative) बनाइए।
   (1) कॉपर, ऑक्सीजन में खूब गरम करने पर क्यूप्रिक ऑक्साइड (CuO) बनाता है।
   (2) मेथेन (CH_4) गैस ऑक्सीजन में जल कर कार्बन डाइऑक्साइड व जल (भाप) देती है। अभिक्रिया में ऊष्माउन्मोचन भी होता है।
   (3) धात्विक सोडियम, जल के साथ अभिक्रिया करता है और इस प्रकार सोडियम हाइड्रॉक्साइड का जलीय विलयन बनता है व हाइड्रोजन का निकास होता है। यह अभिक्रिया ऊष्माउन्मोची है।
   (4) समुचित अवस्था में नाइट्रोजन के ऑक्सीजन के साथ संयोजन से नाइट्रिक ऑक्साइड (NO) मिलता है। यह अभिक्रिया ऊष्माशोषी है।
7. जब ज़िंक सल्फ़ाइड (ZnS) को वायु के आधिक्य में खूब तप्त किया जाता है तब ज़िंक ऑक्साइड (ZnO) का विरचन होता है व गैसीय SO_2 का निकास होता है। ZnO व SO_2 के उन द्रव्यमानों का परिकलन करिए जो कि ZnS के 4.866 ग्रा से प्राप्त हो सकते हैं।
8. धात्विक सोडियम के 2.3 ग्रा जल के आधिक्य के साथ अभिक्रिया करते हैं। विरचित सोडियम हाइड्रॉक्साइड के द्रव्यमान का परिकलन करिए। STP पर जनित हाइड्रोजन का आयतन क्या होगा ?
9. 12.26 ग्रा $KClO_3$ के विघटन से प्राप्त ऑक्सीजन का STP पर क्या आयतन होगा ?
10. उस क्यूप्रिक ऑक्साइड के द्रव्यमान को परिकलित करिए जो कि 3.15 ग्रा कॉपर को वायु में अधितप्त करने पर प्राप्त होता है।
11. मेथेनाल का अणुसूत्र CH_3OH है। amu में अणु द्रव्यमान क्या होगा ? ($1\ amu = 1.66 \times 10^{-24}$ ग्रा)। ग्रामों में भी अणु द्रव्यमान का परिकलन करिए।

अध्याय 7

गैसों का आचरण

साधारणतया यह कहा जा सकता है कि द्रव्य की तीन प्रमुख अवस्थाएँ ठोस, द्रव व गैस हैं। उदाहरणत: बरफ़, जल व भाप एक ही रासायनिक पदार्थ, जल, की तीन अवस्थाओं को निदेशित करते हैं। ठोस का एक निश्चित आकार व आयतन होता है। द्रव, यद्यपि उसका आयतन निश्चित होता है, तथापि वह उस बर्तन का आकार ले लेते हैं जिसमें वे रखे जाते हैं। ठोस व द्रव दोनों ही प्रायः असंपीड्य (incompressible) होते हैं। इनके विपरीत, गैसों के पास न निश्चित आयतन व न निश्चित आकार होता है; यह उपलब्ध आकाश (space) को पूर्ण रूप से एक समान (uniform) घनत्व तक भर देते हैं और इनका संपीडन सुगम होता है। सभी गैसें अपने भौतिक व्यवहार में समानता प्रदर्शित करती हैं। इस अध्याय में इस आचरण को नियंत्रित करने वाले नियमों की विवेचना की जाएगी।

सामान्यतया, गैस के एक दिए हुए द्रव्यमान (m) का आयतन (V), इसके ताप (T) व दाब (P), जो इस पर लागू रहता है, का एक फलन (function) होता है। इन गुणों के मध्य, गणितीय संबंध को, स्थिति समीकरण (equation of state) कहते हैं और इसको संकेतात्मक ढंग से लिखा जा सकता है :

$$V=f\,(m,T,P)$$

किसी गैस के एक दिए हुए द्रव्यमान (स्थिरांक m) के लिए, यह सुस्पष्ट है कि P,V,T नामक तीन चरों (variables) में केवल दो ही स्वतंत्र ढंग से बदले जा सकते हैं।

इस प्रकार,

स्थिर m व T पर V, P का एक फलन है;

स्थिर m व P पर V, T का एक फलन है;

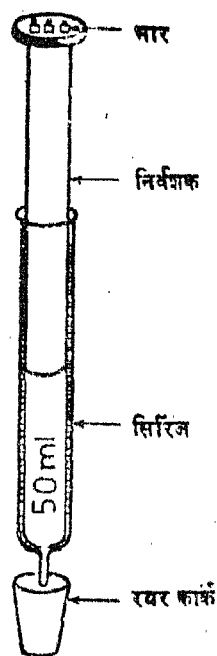
स्थिर m व V पर P, T का एक फलन है।

स्थिति समीकरण पर विचार करने के पूर्व, प्रायोगिक P-V-T पारस्परिक संबंधों को विवेचित किया गया है।

7.1 किसी गैस के लिए दाब-आयतन संबंध क्या है (बॉयल का नियम) ?

गैस के एक दिए हुए द्रव्यमान का आयतन, दाब में परिवर्तन के साथ कैसे बदलता है ? क्योंकि एक गैस का आयतन भी ताप के साथ बदलता है, यह अध्ययन स्थिर ताप पर किया गया है। चित्र 7.1 में प्रदर्शित व्यवस्था के आधार पर इसका अध्ययन किया जा सकता है। इन अध्ययनों के लिए माध्यम के रूप में वायु का प्रयोग किया जाता है। एक 50 मिली शीशे की सिरिंज में निर्वशक (plunger) को 40 मिली चिह्न तक उठा कर व फिर टोंटी में एक रबड़ डाट लगा करके व इसको बन्द करके प्राय: 40 मिली हवा भर ली जाती है। इस स्थिति पर हवा पर दाब, वायुमण्डलीय दाब + निर्वशक के भार के बारबार होता है। हवा पर दाब और अधिक बढ़ाया जा सकता है यदि निर्वशक के ऊपर कुछ भार रख दिया जाए। निर्वशक की स्थिति सिरिंज में हवा का आयतन बताती है।

यह देखा गया है कि जैसे-जैसे हवा पर दाब बढ़ाया जाता है, हवा का आयतन घटता जाता है। दाब में कमी होने पर आयतन बढ़ने लगता है। इसी प्रकार का आचरण अन्य गैसें भी प्रदर्शित करती हैं।

किसी गैस के दाब व आयतन के मध्य मात्रात्मक संबंध की राबर्ट बॉयल (1862) ने सर्वप्रथम खोज की थी। उन्होंने यह दिखाया कि स्थिर ताप पर किसी गैस का आयतन, एक दिए हुए द्रव्यमान के लिए, उसके दाब का व्युत्क्रमानुपाती (inversely proportional) होता है। इस संबंध को बॉयल का नियम कहते हैं।

चित्र 7.1 किसी गैस के आयतन पर दाब का प्रभाव

गणित के अनुसार यह निम्न ढंग से लिखा जा सकता है :

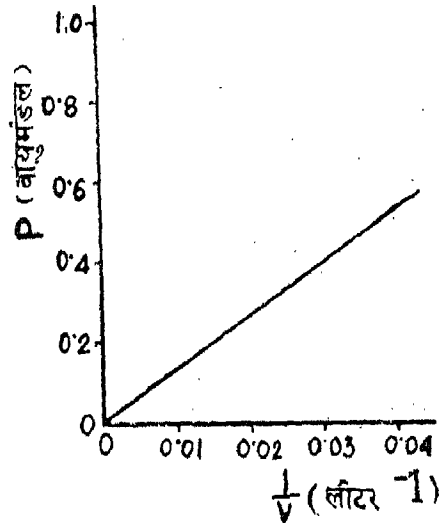
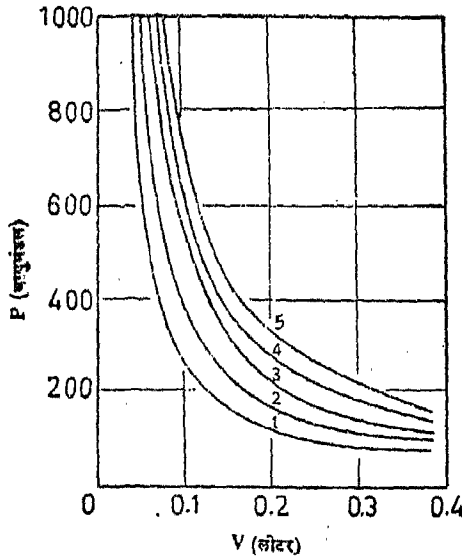
$$V \propto \frac{1}{P} \qquad (m, T, \text{स्थिर})$$

या $$V = K_T \frac{1}{P}$$

या $$PV = K_T \qquad (m, T, \text{स्थिर})$$

यहाँ K_T एक स्थिरांक है जिसका मान गैस के द्रव्यमान व ताप पर निर्भर होता है। सामान्यतया, यदि स्थिर ताप पर गैस के एक दिए हुए द्रव्यमान के दाब P_1 पर आयतन V_1 हो व P_2 दाब पर आयतन V_2 हो, तब

$$P_1V_1 = K_T = P_2V_2$$

1 मोल नाइट्रोजन के लिए P के साथ V के विचरण (variation) ग्राफीय ढंग से चित्र 7.2 (a) तथा (b) में दिखाए गए हैं। इस बात पर ध्यान दीजिए कि विभिन्न तापों के लिए विभिन्न आलेख (plots) प्राप्त होते हैं। एक स्थिर ताप दशा का आलेख एक समतापी रेखा (*isotherm*) कहलाता है।

चित्र 7.2 (a) एक मोल नाइट्रोजन के लिए दाब के साथ आयतन का विचरण

चित्र 7.2 (b) किसी गैस के एक मोल के लिए P का $\frac{1}{V}$ के विरुद्ध आलेख

उपरोक्त समीकरण से यह पता चलता है कि $\frac{1}{V}$ के विरुद्ध P के आलेख व $\frac{1}{P}$ के विरुद्ध V के आलेख सीधी रेखाएँ होंगी और PV, दाब के सन्दर्भ में, स्वतंत्र होगा।

7.1-1 बॉयल के नियम का प्रयोग

समीकरण $P_1V_1=P_2V_2$ में यदि तीन मात्राएँ (जैसे P_1, V_1 व P_2) ज्ञात हों, तब चौथी मात्रा (V_2) के मान का परिकलन किया जा सकता है। इस प्रकार बॉयल के नियम का प्रयोग एक विशिष्ट दाब पर किसी गैस के आयतन के परिकलन हेतु किया जा सकता है यदि इसका एक अन्य निर्दिष्ट (specified) दाब पर आयतन ज्ञात हो, बशर्तें ताप में कोई परिवर्तन न हुआ हो।

समस्या 7.1

एक सिलिण्डर में परिवेष्टित (enclosed) गैस, 760 mm Hg दाब व 25°C पर, 450 मिली आयतन को घेरती है। ताप को स्थिर रखते हुए गैस पर दाब 2280 mm Hg तक बढ़ा दिया जाता है। गैस का आयतन क्या होगा ?

हल

$P_1=760$ mm Hg $\qquad P_2=2280$ mm Hg

$V_1=450$ मिली $\qquad V_2=?$

बॉयल के नियम का प्रयोग करते हुए

$$P_1\,V_1=P_2\,V_2$$

अथवा $V_2=\frac{P_1\,V_1}{P_2}=\frac{760\times450}{2280}$ मिली $=150$ मिली

(कभी-कभी टॉर=torr पद, ई० टॉरिसेली—बैरोमीटर के आविष्कारक—के नाम पर आधारित, mm Hg के स्थान पर प्रयुक्त किया जाता है। इस प्रकार 760 mm Hg=760 टॉर)

7.2 किसी गैस के लिए ताप-आयतन संबंध क्या है (चार्ल्स का नियम) ?

किसी गैस के दिए हुए द्रव्यमान का आयतन ताप के साथ कैसे विचरण करता है ? क्योंकि एक गैस का आयतन, दाब के साथ बदलता है, यह अध्ययन स्थिर दाब पर किए जाते हैं और चित्र 7.1 में प्रयुक्त व्यवस्था द्वारा किए जा सकते हैं। ताप में विचरण, सिरिंज को ऐसे जल से भरे बीकर में डुबो कर किया जा सकता है जिसको प्रशीतित (बरफ़ डाल कर) व गरम किया जा सकता है। निर्वेशक के ऊपर रखे भारों में परीक्षण के दौरान हेर-फेर नहीं किया जाता है। इस प्रकार गैस पर एक स्थिर दाब बना रहेगा।

किसी गैस के एक दिए हुए द्रव्यमान के आयतन व ताप के मध्य, स्थिर दाब पर, मात्रात्मक संबंध को सर्वप्रथम चार्ल्स (1787) ने प्रतिपादित किया था। इसका सत्यापन (verification) गे-लुसेक ने सन् 1802 में किया। सभी गैसों के लिए, **प्रत्येक डिग्री सेल्सियस (°C) के ताप में उठान के लिए आयतन में वृद्धि, 0°C पर गैस के आयतन के प्रायः 1/273 होती है।** इस भिन्न का और सही मान है 1/273.16। यदि 0°C पर एक गैस का आयतन V_0 हो और t°C पर उसका आयतन V हो, तब

$$V = V_0 + \frac{V_0\, t}{273.16}$$

$$\text{या } V = V_0 \left(1 + \frac{t}{273.16} \right)$$

$$\text{या } V = V_0 \left(\frac{273.16 + t}{273.16} \right)$$

इस संबंध पर आधारित, तापमान का एक नया मापक्रम (scale) बनाया गया है जिसमें गैस का आयतन, तापमान के अनुक्रमानुपाती (directly proportional) होता है (तापमान—नवीन मापक्रम के अनुसार)। इस ताप मापक्रम को **निरपेक्ष** (absolute) **या केल्विन तापक्रम** कहते हैं। सेल्सियस मापक्रम पर नापा कोई भी ताप (t°C), उसमें 273.16 जोड़ कर, केल्विन तापक्रम (T, K) पर रूपांतरित किया जा सकता है।

$$T\,(K) = 273.16 + t°C$$

सभी परिकलनों के लिए T (K) = 273 + t°C संबंध का प्रयोग काफ़ी होता है। केल्विन तापक्रम पर तापमान लिखते हुए, शब्द डिग्री या चिह्न (°) प्रयोग में नहीं लाए जाते हैं। उपरोक्त समीकरण केल्विन तापक्रम के अनुसार होगा :

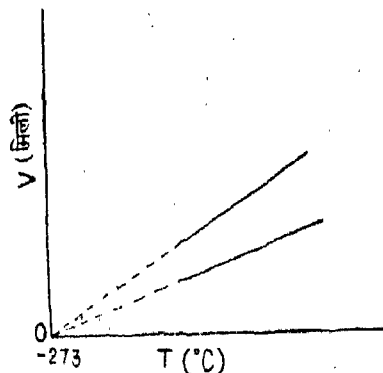
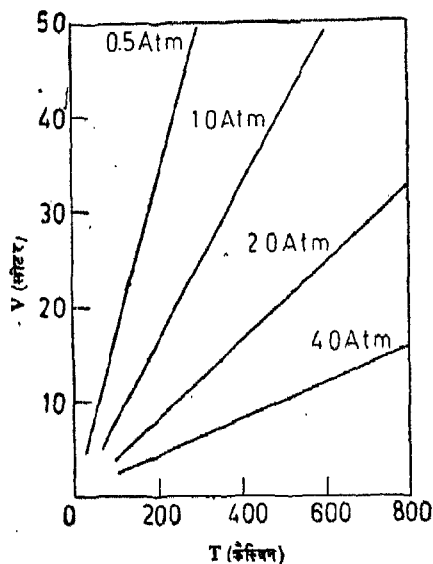
$$V = V_0 \left(\frac{T}{T_0}\right)$$

स्थिर दाब पर किसी गैस के एक दिए हुए द्रव्यमान के लिए V_0 एक स्थिरांक होना चाहिए। इस प्रकार,

$$V = \frac{V_0}{T_0} T$$

अथवा $V = K_p T$, जहाँ K_p एक स्थिरांक है।

इस प्रकार, **स्थिर दाब पर किसी गैस के एक दिए हुए द्रव्यमान के लिए आयतन निरपेक्ष ताप के अनुक्रमानुपाती होता है।** इसको चार्लस का नियम कहते हैं।

K_p का मान गैस के द्रव्यमान तथा प्रयुक्त स्थिर दाब पर निर्भर होता है। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि स्थिर दाब पर V का T के विरुद्ध आलेखन करनें पर एक सीधी रेखा मिलनी चाहिए [चित्र 7.3 (a)]। विभिन्न दाबों पर विभिन्न सीधी रेखाएँ प्राप्त होंगी। ऐसे

चित्र 7.3 (a) किसी गैस के एक मोल के आयतन का ताप के साथ स्थायी दाब पर विचरण

चित्र 7.3 (b) विभिन्न दाब पर एक गैस के समनिपीड

आलेख चित्र 7.3 (b) में दिखाए गए हैं। एक स्थिर दाब आलेख को समनिपीड (isobar) कहते हैं।

समीकरण $V = K_p T$ से यह आभास हो सकता है कि यदि गैस को शून्य केल्विन (—273.16°C) तक प्रशीतित किया जाए, तब इसका आयतन शून्य हो जाएगा। यथार्थ में ऐसा कोई प्रपंच नहीं होता है क्योंकि शून्य केल्विन के पहुँचने के काफ़ी पूर्व ही गैस द्रवित हो जाती है और फिर ठोस रूप ले लेती है। अभी तक किसी भी प्रयोगशाला में शून्य केल्विन ताप तक नहीं पहुँचा जा सका है।

सामान्यतया यदि किसी गैस के एक दिए हुए द्रव्यमान के स्थिर दाब और T_1 व T_2 ताप पर आयतन क्रमश: V_1 व V_2 हों, तब

$$\frac{V_1}{T_1} = K_P = \frac{V_2}{T_2} \text{ (m, P स्थिरांक)}$$

यह संबंध एक विशिष्ट ताप पर किसी गैस के आयतन के अभिनिर्धारण में उपयोगी होता है, यदि इस गैस का एक अन्य ताप पर आयतन ज्ञात हो।

समस्या 7.2

300 K पर किसी गैस का एक दिया हुआ द्रव्यमान 0.40 मी³ अधिकृत करता है। दाब को स्थिर रखते हुए ताप को 250 K तक नीचे ले जाया जाता है। गैस का आयतन क्या होगा ?

हल

$V_1 = 0.40$ मी³ $\quad\quad V = ?$

$T_1 = 300$ K $\quad\quad T_2 = 250$ K

चार्ल्स के नियम का प्रयोग करने पर

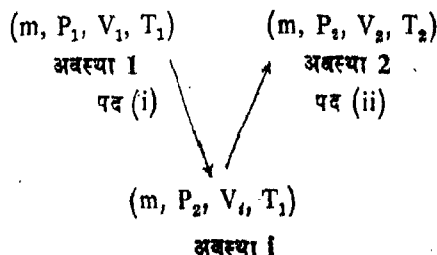
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\text{अथवा } V_2 = V_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right) = 0.40 \times \frac{250}{300} \text{ मी}^3$$

$$= 0.33 \text{ मी}^3$$

7.3 संयोजित गैस नियम : अवस्था समीकरण

बॉयल के नियम व चार्ल्स के नियम को संयोजित करके एक गैस के दाब, आयतन व ताप के मध्य एक उपयोगी संबंध प्राप्त हो सकता है। इसके लिए हम अवस्था 1 से अवस्था 2 में परिवर्तन पर विचार करें और जहाँ कि दोनों अवस्थाओं में दाब, आयतन व ताप क्रमश: P_1, V_1, T_1, व P_2, V_2, T_2 हैं। इस परिवर्तन हेतु हम एक परिकल्पित (hypothetic) मध्यवर्ती अवस्था, i के बारे में कल्पना करें और परिवर्तन दो पदों में हो, ऐसा विचार करें।

पद (i)—ताप स्थिर रखते हुए, दाब P_1 से P_2 में परिवर्तित करने पर, आयतन में परिवर्तन V_1 से V_i में होगा। पद (ii)—दाब को P_2 पर स्थिर रखते हुए, जब ताप को T_1 से T_2 में परिवर्तित किया जाता है, तब आयतन में समकालिक परिवर्तन V_i से V_2 में होगा।

बॉयल के नियम के प्रयोग से अवस्था i में आयतन V_i परिकलित किया जा सकता है।

$$P_1 V_1 = P_2 V_i \qquad (m, T_1)$$

या

$$V_i = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$

अब अवस्था i से अवस्था 2 प्राप्त करने के लिए

चार्ल्स के नियम के अनुसार,

$$\frac{V_i}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \qquad (m, P_2)$$

V_i के लिए पुनर्लेखन करने पर, हमको प्राप्त होता है

$$V_i = V_2\left(\frac{T_1}{T_2}\right)$$

अब हमारे पास V_i को परिभाषित करने वाले दो समीकरण हैं, जैसे

$V_i = \frac{P_1 V_1}{P_2}$(अवस्था 1 से अवस्था i, बॉयल के नियमानुसार)

$V_i = V_2 \frac{T_1}{T_2}$ (अवस्था i से अवस्था 2, चार्ल्स के नियमानुसार)

दोनों को बराबर करने पर हमें मिलता है $\frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{V_2 T_1}{T_2}$

इस समीकरण को पुनर्योजित करने पर हम लिख सकते हैं

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \text{ (स्थिर m)}$$

इस प्रकार किसी गैस के एक दिए हुए द्रव्यमान के लिए $\frac{PV}{T}$ एक स्थिरांक है।

इस समीकरण से यह निष्कर्ष निकलता है कि यदि आयतन को स्थिर रखा जाए तब

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \text{स्थिरांक}$$

अथवा $P \propto T$ (m, V)

इस प्रकार, किसी गैस के एक दिए हुए द्रव्यमान का दाब, स्थिर आयतन पर, उसके निरपेक्ष तापमान के अनुक्रमानुपाती होता है।

7.4 गैस स्थिरांक क्या है ?

हम ऊपर देख चुके हैं कि $\frac{PV}{T}$ एक स्थिरांक है और इसका मान ली हुई गैस के द्रव्यमान पर निर्भर रहता है। यदि हम 1 मोल गैस लें तब इस स्थिरांक को मोलर गैस स्थिरांक कहते हैं और इसके लिए R का प्रयोग करते हैं। इस प्रकार हम लिख सकते हैं :

$$\frac{PV}{T} = R \text{ (एक मोल गैस के लिए)}$$

अथवा $PV = RT$

एक सामान्य उदाहरण में, जहाँ n मोल लिए जाते है, यह समीकरण $PV = nRT$ हो जाता है। इसी को गैस समीकरण कहते हैं।

यह पाया गया है कि सभी गैसों के लिए R का मान एक ही होगा। इसके अर्थ हुए कि यह गैस की रासायनिक प्रकृति पर निर्भर नहीं है। इस प्रकार, यदि P व T स्थिर रखे जाएँ, तब विभिन्न गैसों के समान आयतनों में n के समान मान, अर्थात, मोल संख्या, होंगे। क्योंकि किसी भी गैस के एक मोल में अणुओं की संख्या (6.023×10^{23}) वही होती है, यह निष्कर्ष निकलता है कि ताप व दाब की समरूपी स्थितियों में सभी गैसों के समान आयतनों में अणुओं की संख्या समान होगी। इसको एवोगाड्रो का सिद्धान्त कहते हैं। इस सिद्धान्त का उन्होंने अन्य स्वतंत्र विचार विनिमय द्वारा पहले ही प्रतिपादन किया था।

यह पाया गया है कि किसी गैस का एक मोल, का आयतन मानक ताप व दाब (STP या NTP) पर 22.414 ली होता है। STP के अर्थ होते हैं: 760 mm Hg (या 1 वायुमण्डलीय दाब) व $0^{\circ}C$ (या 273.16K)। इस आयतन को मोलर आयतन कहते हैं।

SI एककों (इकाइयों) में, $P_0 = 1.0133 \times 10^5 N/m^2$

$V_0 = 0.022414 m^3$ व $T_0 = 273K$, का प्रयोग करने से हमको मिलेगा

$$R = \frac{P_0 V_0}{T_0}$$

$$= \frac{1.0133 \times 10^5 \times 0.022414}{273}$$

$$= 8.314 JK^{-1} mol^{-1}$$ (जूल प्रति कैलिवन प्रति मोल)

7.4-1 किसी गैस का STP पर आयतन

प्रायः यह आवश्यक होता है कि किसी गैस के एक दिए हुए द्रव्यमान के आयतन का STP पर परिकलन किया जाए। यह निम्न संबंध द्वारा किया जा सकता है :

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0}$$

समस्या 7.3

एक गैस का दिया हुआ द्रव्यमान 300K व $1.41 \times 10^5 N/m^2$ पर 0.250 m^3 अधिकृत करता है। STP पर आयतन निकालिए।

हल

$P_1 = 1.41 \times 10^5\ N/m^2$ $\qquad P_0 = 1.013 \times 10^5\ N/m^2$

$V_1 = 0.250 m^3$ $\qquad V_0 = ?$

$T_1 = 300K$ $\qquad T_0 = 273K$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_0V_0}{T_0}$$

$$V_0 = \frac{1.41 \times 10^5 \times 0.25}{1.013 \times 10^5} \times \frac{273}{300} m^3$$

$$= 0.317 m^3$$

7.5 विसरण क्या है ?

सभी गैसें एक दूसरे में पूर्ण-रूपेण मिश्रणीय (miscible) होती हैं। हम अपने अनुभव से जानते हैं कि जब एक कमरे के एक कोने में इत्र की एक शीशी खोली जाती है तब शीघ्र ही उसकी गंध-कमरे भर में फैल जाती है। इसका कारण है इत्र के वाष्पों के अणुओं का वायु के अवयवों के अणुओं से अन्तर्मिश्रण। गैसों का अन्तर्मिश्रण स्वतः होता है। इस परिघटना (phenomenon) को विसरण (diffusion) कहते हैं। इसी प्रकार हमने वायुमण्डल में धुएँ का विसरण देखा है।

गैसें सरंध्र (porous) पदार्थों, जैसे अकाचित (unglazed) मिट्टी के बर्तन, के अन्दर से भी विसरण करती है। यह प्रायः विभिन्न गैसों के विसरण वेग की तुलना के लिए प्रयुक्त होता है (वेग = प्रति इकाई समय में विसरण करता हुआ आयतन)।

विभिन्न गैसों के विसरण वेगों की तुलना करने के उपरान्त ग्राहम ने पाया कि ताप व दाब की समान अवस्थाओं में **किसी गैस के विसरण का वेग उसके घनत्व के वर्गमूल का व्युत्क्रमानुपाती होता है।** इसको ग्राहम का विसरण नियम कहते हैं।

गणित के अनुसार, यदि विसरण वेग r_1 व r_2, व गैसों का घनत्व d_1 व d_2 हो, तब

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$$

इस समीकरण में घनत्व उस मापक्रम के आपेक्षिक घनत्व (वाष्प घनत्व) होते हैं जिसमें

हाइड्रोजन का घनत्व एक माना जाता है। क्योंकि वाष्प घनत्व आण्विक द्रव्यमान (M) का आधा होता है, अतएव,

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

अर्थात्, किसी गैस का विसरण वेग उसके आण्विक द्रव्यमान के वर्गमूल का भी व्युत्क्रमानुपाती होता है। इस प्रकार विसरण वेग गैसों के आणविक द्रव्यमान निकालने में प्रयोग किए जा सकते हैं।

7.6 गैसों का अणु-गति सिद्धान्त

गैसों का प्रयोगात्मक आचरण गैस के एक प्रतिरूप (model) के आधार पर युक्तिसंगत बनाया जा सकता है। यह बात सर्वप्रथम बर्नूली ने 1738 में कही थी। परंतु, 1860-90 के मध्य बोल्तसमान, मैक्सवैल, कलसियम व अन्य लोगों ने इसको विकसित किया व इनका नाम **गैसों का अणु-गति सिद्धांत** (Kinetic theory of gases) दिया। यह इस धारणा पर आधारित है कि गैसें ऐसे अणुओं से बनी है जो कि गोलीय (spherical), पूर्णतया लचीले (elastic) होते हैं और सदैव उच्च चाल की अवस्था व बेतरतीब गति में रहते हैं। यह भी अनुमान किया गया था कि स्वयं अणुओं द्वारा अधिकृत आयतन, गैस के कुल आयतन की अपेक्षा नगण्य होगा और अणुओं के मध्य कोई भी आकर्षण अथवा विकर्षण (attraction or repulsion) बल नहीं होंगे। इन सब बातों के आधार पर यह दर्शाया गया है कि ताप, अणुओं की औसत गतिक ऊर्जा का एक माप है और गैस का दाब, पात्र की दीवारों में अणुओं के निरंतर संघट्टन (Collision) के कारण जनित होता है। इन संकल्पनाओं को उच्चतर कक्षाओं में विकसित किया जाएगा और यह दर्शाया जाएगा कि प्रेक्षित गैस नियम उपरोक्त प्रतिरूप से सैद्धान्तिक रूप से व्युत्पन्न (derive) किए जा सकते हैं।

अभ्यास

1. स्थिर दाब पर किसी गैस के एक दिए हुए द्रव्यमान के लिए आयतन का दाब के साथ विचरण कैसे होता है ?
2. यदि 1400 mm Hg दाब पर एक पात्र में बंद किसी गैस के 50 मिली को स्थिर ताप पर 125 मिली तक फैलने दिया जाए तब दाब क्या होगा ?

3. यदि दाब स्थिर रखा जाए तब किसी गैस का आयतन, ताप के साथ किस प्रकार से विचरण करता है ?
4. $10^{\circ}C$ व 760 mm Hg दाब पर एक गैस का एक निश्चित द्रव्यमान 23 मिली आवेष्ठित (occupy) करता है। दाब को स्थिर रखते हुए, ताप को $30^{\circ}C$ तक बढ़ा दिया जाता है। अब गैस द्वारा आवेष्ठित आयतन को परिकलित करिए।
5. $25^{\circ}C$ पर 50 डेसिमी^{3} वायु का 100 डेसिमी^{3} तक स्थिर दाब पर विस्तार कर दिया जाता है। ताप में क्या परिवर्तन होगा ?
6. एक गैस के एक निश्चित द्रव्यमान का $27^{\circ}C$ ताप व $1.014 \times 10^5 Nm^{-2}$ दाव पर आयतन 15 मी^{3} है। गैस के आयतन में कितना परिवर्तन होगा यदि ताप को $35^{\circ}C$ तक व दाब को 1.720×10^5 Nm^{-2} तक बढ़ा दिया जाए ?
7. एक लीटर फ्लास्क में $25^{\circ}C$ पर 20 ग्रा नाइट्रोजन गैस बन्द है। गैस द्वारा लगाए दाब का (a) गैस समीकरण का प्रयोग करते हुए; (b) मोलर आयतन संकल्पना के आधार पर परिकलन करिए।
   ($R=0.082$ लीटर वायुमण्डल K^{-1}मोल$^{-1}$; STP पर 1 मोल गैस 22.414 लीटर घेरती है)
8. STP पर एक गैस के आयतन से आप क्या समझते हैं ? $27^{\circ}C$ व 720 mm Hg दाब पर एक गैस 4 लीटर अधिकृत करती है। STP पर इसका आयतन निकालिए।
9. निम्न उदाहरणों में समान ताप व दाब अवस्थाओं पर कौन-सी गैस अधिक सुगमता से विसरित होगी :
   1. C_2H_4 अथवा CH_4
   2. SO_2 अथवा CO_2
   3. SO_2 अथवा CH_4

अध्याय 8

प्लवन

8.1 आर्किमिडीज का सिद्धान्त

यह एक आम अनुभव है कि जब पानी से भरे किसी डोल को कुएँ के पानी के तल से ऊपर उठाया जाता है तब वह पानी के अंदर के भार से अधिक भारी प्रतीत होता है। व्यापक रूप से जब कभी किसी पिंड को किसी तरल (द्रव अथवा गैस) में डुबाया जाता है तब उस पिंड के भार में कमी प्रतीत होती है। तरल में डुबाये गये पिंडों के भार की इस आभासी कमी को समझने के लिए हमने पिछली कक्षाओं में कुछ प्रयोग किए हैं। इन प्रयोगों के आधार पर हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि जब कोई पिंड किसी द्रव में डुबाया जाता है तब उस पर एक उत्प्लावन बल कार्य करता है। ज्यों-ज्यों पिंड द्रव में अधिक डूबता है त्यों-त्यों बल की मात्रा अधिक होती जाती है। परंतु जब पिंड द्रव में पूर्णतः डूब जाता है, उसके बाद उत्प्लावन बल अचर हो जाता है।

हमने डूबे हुए पिंड द्वारा विस्थापित द्रव के भार और उत्प्लावन बल की मात्रा के बीच के संबंध का भी अध्ययन किया और देखा कि

उत्प्लावन बल = विस्थापित द्रव का भार

$$= V\rho g \qquad (8-1)$$

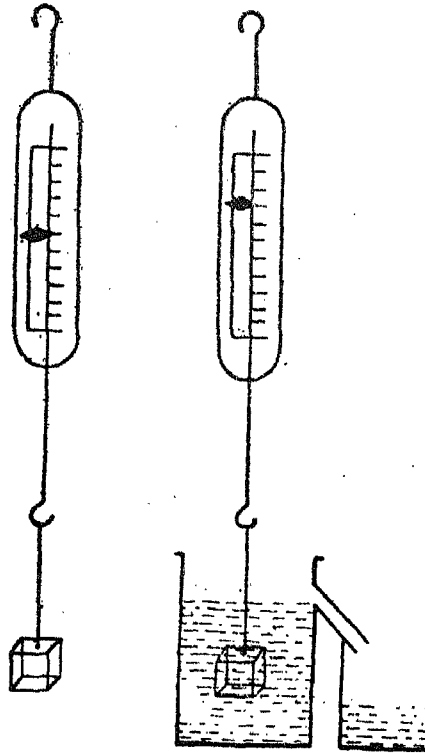
जिसमें,

V = विस्थापित द्रव का आयतन

ρ = द्रव का घनत्व

g = गुरुत्वाकर्षण के कारण त्वरण

इस तथ्य का अनुसंधान आर्किमिडीज द्वारा किया गया।

अब हम V आयतन तथा d घनत्व के पिंड पर विचार करें जिसे ρ घनत्व के द्रव में डुबाया गया है जैसा कि चित्र 8.1 में दिखाया गया है।

चित्र 8.1 किसी पिंड के भार में आभासी ह्रास विस्थापित द्रव के भार के तुल्य होता है।

जब इस पिंड को डुबाया जाता है तब इसका आभासी भार (जो कमानीदार तुला द्वारा व्यक्त किया जाता है)

$$=(Vdg—V\rho g)$$

हो जाता है। (8—2)

यह उत्प्लावन बल कहाँ कार्य करता है ?

हम यह जानते हैं कि किसी पिंड का भार उस पिंड के गुरुत्वकेंद्र पर कार्य करता है। इसी प्रकार उत्प्लावन बल उत्प्लावकता केंद्र पर कार्य करता है। उत्प्लावकता केंद्र विस्थापित तरल के गुरुत्वकेंद्र पर होता है।

अतएव आर्किमिडीज़ के सिद्धांत को निम्नलिखित रूप में व्यक्त किया जा सकता है :

जब कोई पिंड पूर्णतः अथवा अंशतः किसी तरल में निमग्न होता है तब इसे एक ऊर्ध्वमुखी बल का अनुभव होता है जो विस्थापित तरल के भार के बराबर होता है और जो उत्प्लावकता केंद्र पर कार्य करता है।

अब समीकरण (8—1) पर विचार कीजिए। इस समीकरण से स्पष्ट है कि उत्प्लावन बल निमग्न पिंड के आयतन तथा उस तरल के घनत्व पर निर्भर करता है जिसमें वह पिंड डुबाया जाता है।

सारणी 8.1

कुछ पदार्थों के आपेक्षिक घनत्व तथा घनत्व

ठोस			द्रव			गैस		
पदार्थ	4°C पर पानी के सापेक्ष आपेक्षिक घनत्व	घनत्व $\frac{(\text{किग्रा})}{(\text{मी})^3}$	पदार्थ	4°C पर पानी के सापेक्ष आपेक्षिक घनत्व	घनत्व $\frac{(\text{किग्रा})}{(\text{मी}^3)}$	पदार्थ	हाइड्रोजन के सापेक्ष आपेक्षिक घनत्व	घनत्व $\frac{(\text{किग्रा})}{(\text{मी}^3)}$ STP पर
सोना	19.3	19.3×10^3	शुद्ध पानी	1.00	1.00×10^3	हवा	14.37	1.293
सीसा	11.3	11.3×10^3	समुद्री जल	1.03	1.03×10^3	कार्बन डाइ-ऑक्साइड	21.97	1.977
चाँदी	10.5	10.5×10^3	पारा	13.6	13.6×10^3	हीलियम	1.98	0.178
ताँबा	8.9	8.9×10^3	केरोसीन	0.8	0.8×10^3	हाइड्रोजन	1.00	0.090
बर्फ़	0.9	0.9×10^3	ग्लिसरिन	1.26	1.26×10^3	नाइट्रोजन	13.90	1.250
			क्लोरोफार्म	1.48	1.48×10^3	ऑक्सीजन	15.88	1.429

8.2 आपेक्षिक घनत्व तथा विशिष्ट घनत्व

पिछली कक्षाओं में हम पदार्थों के घनत्व की धारणा पर विचार कर चुके हैं। किसी अन्य पदार्थ के घनत्व को मानक मान कर उसकी तुलना में पदार्थों के घनत्व का वर्णन सुविधाजनक है। इस अनुपात को **आपेक्षिक घनत्व** कहते हैं।

किसी पदार्थ का आपेक्षिक घनत्व उसके घनत्व तथा किसी प्रामाणिक पदार्थ के घनत्व का अनुपात होता है। अर्थात्,

$$\text{आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{किसी पदार्थ का घनत्व}}{\text{प्रामाणिक पदार्थ का घनत्व}}$$

चूंकि आपेक्षिक घनत्व एक अनुपात है, इसका कोई मात्रक नहीं होता। ठोस तथा द्रव के लिए पानी को प्रामाणिक पदार्थ मानते हैं, तथा गैस के लिए हाइड्रोजन को प्रामाणिक मानते हैं। इन स्थितियों में आपेक्षिक घनत्व को विशिष्ट घनत्व का नाम देते हैं। कुछ सामान्य पदार्थों के आपेक्षिक घनत्व तथा घनत्व सारणी 8.1 में दिए गए हैं।

आर्किमिडीज़ सिद्धांत के बहुत से उपयोग हैं। इस सिद्धांत की सहायता से पदार्थों के आपेक्षिक घनत्व ज्ञात किए जा सकते हैं।

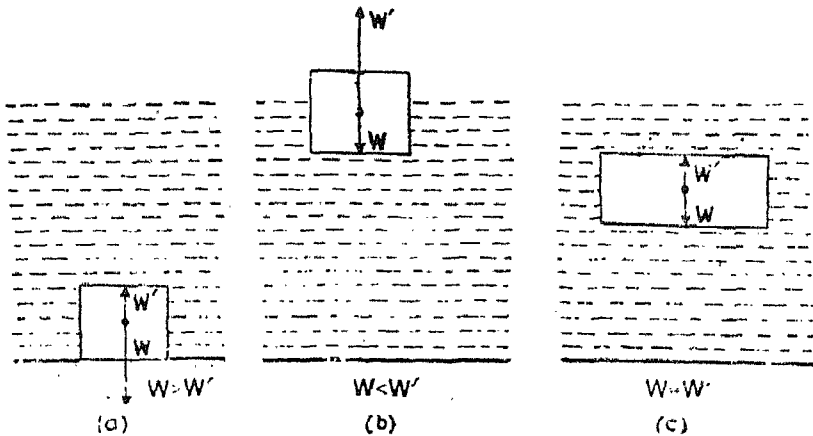
इस सिद्धांत का उपयोग उत्प्लव-घनत्वमापी, दुग्धमापी, जहाज़, तथा पनडुब्बी की अभिकल्पना में किया जाता है।

8.3 प्लवन

कोई पिंड किसी द्रव में कब तैरता है और कब डूब जाता है? किसी धातु के चद्दर से बना कटोरा क्यों पानी में तैरता रहता है जब कि एक पट्टिका के रूप में वही चद्दर डूब जाती है? कोई जहाज पानी में क्यों तैरता रहता है हालांकि वह बहुत भारी होता है?

इन सभी प्रश्नों के उत्तर समीकरण (8—1) तथा (8—2) की सहायता से पाये जा सकते हैं। हम निम्नलिखित तीन स्थितियों पर विचार करें:

स्थिति I $(W > W')$

जब पिंड का भार $W = Vdg$ किसी द्रव में इसके द्वारा अनुभूत उत्प्लावन बल $W' = V\rho g$ से अधिक होता है तब पिंड पर नीचे की ओर भार की दिशा में $(W - W')$ के तुल्य असंतुलित बल कार्य करता है। अतएव पिंड डूब जाएगा [चित्र 8.2a]।

चित्र 8.2

स्थिति II $(W < W')$

जब द्रव द्वारा पिंड पर लगा उत्प्लावन बल $W' = V\rho g$ का मान पिंड के भार की अपेक्षा अधिक होता है तब पिंड पर ऊपर की ओर एक असंतुलित बल कार्य करेगा (चित्र 8.2b)। इस स्थिति में पिंड नीचे जाने के बदले ऊपर को उठेगा। यह ध्यान देने योग्य है कि जब पिंड द्रव के तल से ऊपर उठता है तब विस्थापित द्रव का भार कम होता जाता है। दूसरे शब्दों में उत्प्लावन बल कम हो जाता है। पिंड द्रव के भीतर से तब तक ऊपर उठता रहेगा जब तक उत्प्लावन बल पिंड के भार के बराबर नहीं हो जाता। पिंड का भार उतना ही रहता है चाहे वह पूर्णत: अथवा अंशत: द्रव के भीतर रहे, परंतु आभासी भार परिवर्तित हो जाता है।

स्थिति III $(W = W')$

जब पिंड पर उत्प्लावन बल $W' = V\rho g$ पिंड के भार $W = Vdg$ के बराबर होता है तब पिंड पर कोई असंतुलित बल कार्य नहीं करता। इस स्थिति में पिंड तैरता रहता है और इसका आभासी भार शून्य के बराबर होता है (चित्र 8.2c)।

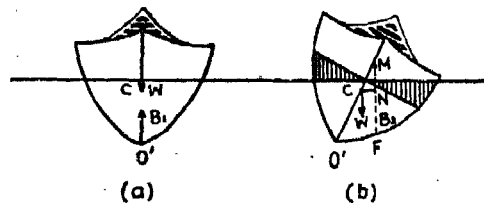
अतएव जब पिंड तैरता है तब इसके द्वारा विस्थापित द्रव का भार पिंड के भार के तुल्य होता है। यह प्लवन की शर्त एक है। दूसरी शर्त यह है कि उत्प्लावकता केंद्र तथा गुरुत्व केंद्र

दोनों एक ही ऊर्ध्वाधिर रेखा में हों। जब एकसमान घनत्व वाला कोई पिंड द्रव के एक निश्चित आयतन को विस्थापित करता है तब उत्प्लावकता केंद्र विस्थापित द्रव के गुरुत्व केंद्र के साथ संपाती होता है। परंतु साधारणतः पिंड का गुरुत्व केंद्र तथा उत्प्लावकता केंद्र संपाती नहीं होते और एक ही ऊर्ध्वाधिर रेखा में नहीं होते। जब कोई पिंड ऊर्ध्वाधिर स्थिति में तैरता है तब उत्प्लावकता केंद्र पिंड के गुरुत्व केंद्र के नीचे होता है। इस स्थिति में गुरुत्वाकर्षण का बल एवं प्लवन के कारण बल एक ही ऊर्ध्वाधिर रेखा में होते हैं।

जब तैरता पिंड डगमगाता रहता है तब विस्थापित तरल की शक्ल तथा उत्प्लावकता केंद्र की स्थिति में भी परिवर्तन होता है। उत्प्लावकता केंद्र की स्थिति में परिवर्तन से प्लवमान पिंड के स्थायित्व पर प्रभाव पड़ता है।

8.4 प्लवमान पिंडों का स्थायित्व

अभिगमन के आम तरीके, जैसे नाव द्वारा अभिगमन, पर हम विचार करें जो प्लवन के सिद्धांत पर निर्भर करता है।

जब नाव ऊर्ध्वाधिर स्थिति में प्लवमान रहती है तब उत्प्लावकता केंद्र B_1 पर होती है। है दूसरे शब्दों में विस्थापित पानी का गुरुत्वकेंद्र नाव के गुरुत्वकेंद्र के ठीक नीचे होता है। इस तरह गुरुत्वाकर्षण का बल तथा उत्प्लावन के कारण बल एक ही ऊर्ध्वाधिर रेखा में होते हैं।

चित्र 8.3 नाव का स्थायित्व

जब नाव झुकती है तब नाव द्वारा विस्थापित पानी की शक्ल बदल जाती है और उत्प्लावकता केंद्र एक नई स्थिति B_2 में स्थानांतरित हो जाता है। बिंदु M, जिसमें B_2 से गुजरनेवाली ऊर्ध्वाधिर रेखा केंद्रीय रेखा CO' को काटती है, आप्लव केंद्र कहलाता है। स्थिरता के लिए इस बिंदु को सदा C बिंदु के ऊपर होना चाहिए जैसा कि चित्र 8.3 में

दिखाया गया है। तब नाव के भार का बल तथा उत्प्लावन बल मिल कर एक बलयुग्म बनाते हैं जिसकी दिशा झुकने की दिशा के विपरीत होती है। इसकी चेष्टा नाव को झुकावहीन स्थिति में लाने की होती है। यदि बिंदु M बिंदु C के नीचे हो तो बल झुकाव को रोक नहीं सकेगा। इसलिए नाव अस्थायी संतुलन में होगी। स्थायित्व के लिए नावों की अभिकल्पना ऐसी होनी चाहिए कि उनका गुरुत्व केंद्र जितना संभव हो, नीचे हो।

उदाहरण 1

यदि 0.25 किग्रा द्रव्यमान तथा 5000 किग्रा/मी³ घनत्व के ठोस को 800 $\frac{\text{किग्रा}}{\text{मी}^3}$ घनत्व के द्रव में डुबाया गया हो तो ठोस का आभासी भार ज्ञात कीजिए।

$$V = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{घनत्व}} = \frac{0.25 \text{ किग्रा}}{5000 \text{ किग्रा/मी}^3} = \frac{0.25 \text{ किग्रा मी}^3}{5000 \text{ किग्रा}}$$

$$= 0.05 \times 10^{-3} \text{ मी}^3 = 5 \times 10^{-5} \text{ मी}^3$$

इसी आयतन के द्रव का भार

$$= V\rho g = 5 \times 10^{-5} \text{ मी}^3 \times 800 \frac{\text{किग्रा}}{\text{मी}^3} \times 9.8 \frac{\text{मी}}{\text{से}^2}$$

$$= 4 \times 10^{-2} \times 9.8 \text{ N} = 0.04 \times 9.8 \text{ N}$$

आर्किमिडीज़ के सिद्धान्त के अनुसार यह द्रव में ठोस के भार की हानि के तुल्य है।

द्रव में ठोस के आभासी भार का मान

= ठोस का भार — द्रव में ठोस के भार की हानि

$$= mg - V\rho g$$

$$= 0.25 \times 9.8 \text{ N} - 0.04 \times 9.8 \text{ N}$$

$$= (0.25 - 0.04) \times 9.8 \text{N}$$

$$= 2.058 \text{N}$$

उदाहरण 2

20 N भार के एक ठोस को पानी में डुबाया जाता है। यदि पानी में ठोस का आभासी भार 18 N है तो ठोस का घनत्व ज्ञात कीजिए।

पहले हम ठोस के भार W_1, ठोस के आभासी भार W_2, ठोस के घनत्व d तथा द्रव के घनत्व ρ के बीच संबंध ज्ञात करेंगे।

आर्किमिडीज के सिद्धांत के अनुसार m द्रव्यमान तथा V आयतन के ठोस द्वारा ρ घनत्व के द्रव में भार की हानि $= (W_1 - W_2) =$ विस्थापित द्रव का भार $= V\rho g$

$$\text{अनुपात } \frac{W_1}{W_1 - W_2} = \frac{mg}{V\rho g} = \frac{m}{V\rho} = \frac{d}{\rho} \quad \left(\because d = \frac{m}{V} \right)$$

$$\therefore d = \frac{W_1\rho}{W_1 - W_2} = \frac{20N}{(20-18)N} \times \frac{1000 \text{ किग्रा}}{\text{मी}^3} = 10{,}000 \frac{\text{किग्रा}}{\text{मी}^3}$$

उदाहरण 3

एक ठोस का भार हवा में 3 N, पानी में 2.5 N तथा किसी द्रव में 2.6 N है। द्रव का आपेक्षिक घनत्व ज्ञात कीजिए।

ठोस द्वारा पानी में भार की हानि $= (3.0 - 25)N$
$= 0.5N$

ठोस द्वारा द्रव में भार की हानि $= (3.0 - 2.6)N$
$= 0.4\ N$

आर्किमिडीज के सिद्धान्त से

विस्थापित द्रव का भार $= 0.4\ N$

विस्थापित पानी का भार $= 0.5\ N$

तथा विस्थापित द्रव का आयतन = विस्थापित पानी का आयतन

अतएव, आपेक्षिक घनत्व

$$= \frac{\text{द्रव का भार}}{\text{बराबर आयतन के पानी का भार}}$$

$$= \frac{0.4\ N}{0.5\ N}$$

$$= 0.8$$

अभ्यास

1. यदि किसी पिंड का भार 70 N हो और इसके द्वारा 200 मिली पानी विस्थापित हो, तो पानी में इसका भार क्या होगा ?
2. एक ताजा अंडा पानी से भरे सिलिंडर में डाला जाता है और वह डूब जाता है। संतृप्त नमकीन पानी डालने पर वह ऊपर उठने लगता है। व्याख्या कीजिए कि ऐसा क्यों होता है।
3. बर्फ़ के एक टुकड़े को पानी भरे गिलास में धीरे से इस तरह डाला जाता है कि जब बर्फ़ पानी में तैरती है तो पानी गिलास के ऊपरी किनारे तक भरा होता है। जब सारी बर्फ़ पिघल जाती है तब पानी के तल को क्या होता है ? क्या पानी बाहर निकलेगा ? व्याख्या कीजिए।
4. प्रश्न 3 में यदि पानी के स्थान पर गिलास (a) पानी से अधिक घनत्व के द्रव से भरा हो, (b) पानी से कम घनत्व के द्रव से भरा हो, तो क्या होगा ?
5. शीतल पेय पीने वाली नली के एक सिरे को लोहे का एक पेंच डाल कर बंद कर दिया जाता है ताकि पानी में डालने पर नली ऊर्ध्वाधर स्थिति में तैरती है और इसका $\frac{3}{4}$ भाग पानी के बाहर रहता है। अब इसको ग्लिसरीन में रखा जाता है (घनत्व 1260 किग्रा/मी^{3})। व्याख्या कीजिए कि क्या होगा।
6. किसी भारित परख नली को शुद्ध दूध में रखा जाता है और नली एक निश्चित निशान (M) तक डूब जाती है। यदि दूध में थोड़ा पानी मिला दिया जाय तो नली अधिक डूबेगी या कम ? व्याख्या कीजिए।
7. एक ही अवस्था में होने पर 1 मी^{3} शुष्क वायु तथा 1 मी^{3} नम वायु में कौन भारी होती है ? STP पर 1 लिटर शुष्क वायु का द्रव्यमान = 1.290 ग्राम तथा भाप का द्रव्यमान = 0.308 ग्राम।
8. टीन के एक पतले पत्तर को लीजिए। पानी में डालने पर यह डूब जाता है। अब मोड़ कर इसकी एक नाव बनाइए और धीरे से पानी पर रखिए। क्या यह अब भी डूब जाती है ? व्याख्या कीजिए।
9. पिंडों के प्लवन सिद्धांत की व्याख्या कीजिए।

अध्याय 9

ठोसों की प्रत्यास्थता

अभी तक जिन पिंडों का हमने विवेचन किया है, उन्हें दृढ़ माना गया है। उदाहरण के लिए जब हम गति के न्यूटन के नियमों का अध्ययन कर रहे थे, हम गति के ऊपर ही बलों के प्रभाव पर विचार कर रहे थे न कि इस पर कि बलों का प्रभाव पिंड के आकार एवं शक्ल के ऊपर क्या होता है। सभी व्यावहारिक अर्थों में पिंड को दृढ़ समझा गया था परंतु वस्तुतः वह ऐसा नहीं है।

रबड़ की एक गेंद को लीजिए और दबाइए। यह विकृत हो जाती है। एक हथौड़े से लोहे के एक टुकड़े को पीटिए। यह भी विकृत हो जाता है। रबड़ की एक डोरी लेकर उससे भार लटकाइए। डोरी की लंबाई बढ़ जाती है। इसी तरह यह दिखाया जा सकता है कि यदि इस्पात के तार से भी भार लटकाया जाय तो उसकी लंबाई भी बढ़ जाती है। एक ही भार के लिए एक ही मोटाई के इस्पात के तार में रबड़ के तार की अपेक्षा लंबाई की वृद्धि बहुत कम होती है। अतः हम देखते है कि सभी ठोस पिंड विरूपित हो सकते हैं। पुल की रूपरेखा तैयार करते समय इंजीनियर के लिए यह जानना महत्वपूर्ण होता है कि गिरने अथवा विरूपित होने के पहले पुल कितना भार सँभाल सकता है।

9.1 ठोसों के यान्त्रिक गुण

हम निम्नांकित दो स्थितियों पर विचार करेंगे :

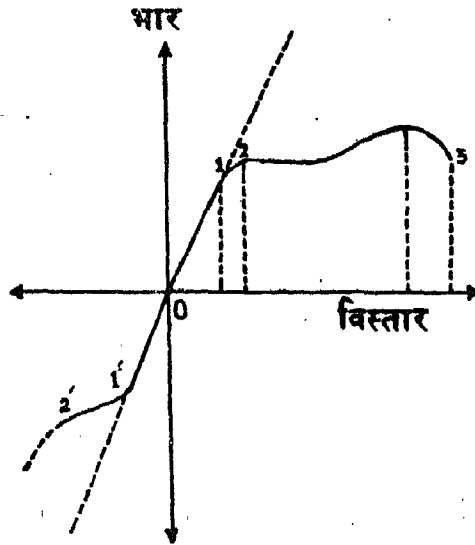
(i) जब प्रयुक्त बल छोटे हों

रबड़ की गेंद को फिर लीजिए। इसे दबाइए और छोड़ दीजिए। इसी तरह रबड़ की

डोरी पर भार डालिए और हटा लीजिए । दोनों स्थितियों में हम पहले बल लगाते हैं और फिर बल हटा लेते हैं । जब बल लगाया जाता है तब दोनों पिंड विरूपित हो जाते हैं । बल हटा लेने पर रबड़ की गेंद तथा डोरी अपने मूल रूप में आ जाते हैं । कोई पिंड जो बाह्य बल हटा लेने पर अपने प्रारंभिक रूप को प्राप्त कर लेता है, **प्रत्यास्थ** कहलाता है । जो पिंड बल हटा लेने के बाद भी अपने विकृत रूप में ही रहते हैं, **सुघट्य** कहलाते हैं । सुघट्य पदार्थों के दो उदाहरण पंक (गीली मिट्टी) और प्लैस्टीसीन हैं । बल हटा लेने पर भी वे अपने प्रारंभिक रूप में नहीं आते ।

(ii) जब प्रयुक्त बल बहुत बड़े हों

यदि हम इस्पात का कोई तार लें और उसे खींचते ही जायें तो एक सीमा आती है जिसके बाद यदि बल हटा लिया जाय तो तार अपने प्रारंभिक रूप में नहीं आता । वह स्थायी रूप से विकृत हो जाता है । इस सीमा को **प्रत्यास्थता सीमा** कहते हैं । प्रत्यास्थता सीमा के आगे इस्पात के तार का आचरण सुघट्य पदार्थ जैसा होता है । दूसरे शब्दों में प्रत्यास्थ और सुघट्य पिंड दो भिन्न-भिन्न पिंड नहीं होते । एक ही पदार्थ छोटे बाह्य बलों के लिए प्रत्यास्थ पदार्थ की तरह और बड़े बाह्य बलों के लिए सुघट्य पदार्थ की तरह आचरण करता है । प्रत्यास्थता सीमा के आगे किसी पिंड की विरूपता उसके भार के कारण ही जारी रह सकती है । तब कहा जाता है कि पिंड **प्रवाहित** हो रहा है । ऐसे पदार्थ का सबसे सुविदित उदाहरण पानी के साथ गूँधा आटा है जो अपने ही भार के कारण विरूपित हो जाता है । वह बिंदु, जिसके बाद कोई ठोस प्रवाहित होने लगता है, **पराभव बिंदु** कहलाता है । इस अवस्था के बाद धातुएँ तन्य हो जाती हैं और इस अवस्था में धातुओं के छड़ों को खींच कर तार बनाये जा सकते हैं ।

बाह्य बल लगाने पर भिन्न-भिन्न पिंडों का आचरण अलग-अलग होता है । उदाहरण के लिए पंक का एक गोला लेकर सुखा दीजिए । इसको दाबने से यह छोटे टुकड़ों में टूट जाता है । कहा जाता है कि यह **भंगुर** है । कांच एक दूसरा उदाहरण है । अतएव यदि कोई पदार्थ प्रत्यास्थता सीमा के आगे प्रवाहित होने लगता है तो उसे सुघट्य कहते हैं और यदि टूट जाता है तो उसे भंगुर कहते हैं । संपीडन से जो पराभव बिंदु मिलता है, उसे **संदलन बिंदु** कहते हैं । इस अवस्था के बाद धातुएँ **आघातवर्ध्य** कहलाती हैं । तब उन्हें हथौड़े से पीटकर अथवा बेलन द्वारा चद्दरों में परिवर्तित किया जा सकता है, उदाहरण के लिए तांबा, चाँदी, सोना, सीसा आदि ।

1′−1 रैखिक क्षेत्र
2 पराभव बिंदु
2−3 सुघट्यता का क्षेत्र
3 खंडन बिंदु
1 तथा 1′ प्रत्यास्थता सीमा
2′ संदलन बिंदु

चित्र 9.1 भार-विस्तार वक्र

भार के कारण किसी ठोस का आचरण एक भार-विस्तार वक्र द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है। चित्र 9.1 में सभी अवस्थाएँ दिखाई गई हैं।

9.2 प्रतिबल एवं विकृति

इस्पात का एक तार और एक छड़ लीजिए। हम यह देख सकते हैं कि एक ही बाह्य बल के द्वारा छड़ की अपेक्षा तार को विरूपित करना सुगम है। दूसरे शब्दों में विरूपण उस पिंड

के अनुप्रस्थकाट के ऊपर निर्भर करता है जिस पर बल लगाया जाता है। यह दिखाया जा सकता है कि यदि अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल दूना कर दिया जाय तो उतना ही विरूपण उत्पन्न करने के लिए दूना बाह्य बल लगाने की आवश्यकता होती है। इस तरह हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि यदि प्रति इकाई क्षेत्रफल पर बल समान हो तो विरूपता भी समान होती है। हमने देखा है कि ठोस पिंड विकृति का विरोध करते हैं। जब कोई पिंड विकृति के विरुद्ध बल लगाता है तब प्रति इकाई क्षेत्रफल पर उत्पन्न बल को **प्रतिबल** कहते हैं।

बाह्य बल विरूपण उत्पन्न करता है। सरलता के लिए हम केवल लंबाई की दिशा में विरूपता पर विचार करेंगे, अर्थात् अनुदैर्घ्य विरूपण पर। यदि हम एक ही मोटाई की रबड़ की दो डोरियाँ लें जिनमें एक की लंबाई 10 सेमी और दूसरे की 20 सेमी हो तो हम देखेंगे कि एक ही भार से 20 सेमी की डोरी की लंबाई में वृद्धि 10 सेमी की डोरी की लंबाई की वृद्धि से दूनी होगी। यदि उतनी ही मोटाई की डोरी 30 सेमी लंबी हो तो वृद्धि तीन गुना होगी। परंतु सभी स्थितियों में लंबाई में वृद्धि और मूल लंबाई के बीच अनुपात अचर रहता है। अनुदैर्घ्य विरूपण के लिए इस अनुपात को **अनुदैर्घ्य विकृति** कहते हैं।

9.3 हुक का नियम

चित्र 9.1 में दिखाया गया भार-विस्तार वक्र प्रतिबल और विकृति वक्र को भी प्रदर्शित करता है। राबर्ट हुक ने बहुत से पदार्थों के लिए प्रतिबल-विकृति के वक्र का अध्ययन किया। उसने देखा कि प्रत्यास्थता सीमा के अंदर वक्र रैखिक (सरल रेखा) होता है। वक्र के इस भाग को रैखिक क्षेत्र कहते हैं। इन प्रेक्षणों के फलस्वरूप उसने कहा कि प्रत्यास्थता सीमा के अन्दर ठोस में उत्पन्न प्रतिबल, विकृति के अनुपात में होता है। इस कथन को **हुक का नियम** कहते हैं। प्रतिबल तनन अथवा संपीडन के कारण हो सकता है।

गणितीय रूप में हुक के नियम को इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है :

$$\text{प्रतिबल} \propto \text{विकृति}$$

अर्थात्, $$\text{प्रतिबल} = \text{अनुपात नियतांक} \times \text{विकृति}$$

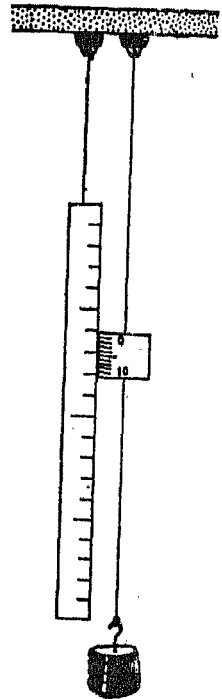
अनुदैर्घ्य विकृति के लिए अनुपात नियतांक को **यंग का गुणांक** कहते हैं। यह प्रत्यास्थता का माप-दण्ड है और इसे Y से व्यक्त किया जाता है। इस्पात के लिए यंग का गुणांक रबड़ की अपेक्षा अधिक होता है। इसके ज्ञान से हमें पुल और इमारतें बनाने के लिए सामान चुनने में सहायता मिलती है।

सामान्य जन के लिए रबड़ अधिक प्रत्यास्थ प्रतीत होता है। परंतु हम प्रत्यास्थ तथा अप्रत्यास्थ विरूपणों में अंतर करते हैं। प्रत्यास्थ विरूपण वह है जिसमें प्रतिबल के हटने पर मूल रूप पूर्णतः प्राप्त हो जाता है और अप्रत्यास्थ विरूपण वह है जिसमें ऐसा नहीं होता। रबड़ के लिए पुनः प्राप्ति लगभग पूरी (सम्पूर्ण नहीं) होती है। अतएव प्रत्यास्थता के आचरण के दृष्टिकोण से इस्पात की अपेक्षा रबड़ कम प्रत्यास्थ है।

9.4 प्रतिबल-विकृति संबंध का अध्ययन प्रयोगतः कैसे किया जाता है ?

धातु के तार के प्रतिबल-विकृति संबंध का अध्ययन करने के एक सरल उपकरण को चित्र 9.2 में दिखाया गया है।

उपकरण में दो अवलंबों से पास-पास एक ही लंबाई के दो तार लटकाए जाते हैं। इनमें से एक को निर्देश तार और दूसरे को प्रायोगिक तार कहते हैं। निर्देश तार में एक पैमाना लगा होता है और प्रायोगिक तार में एक संकेतक लगा होता है। तार से भार लटकाने के लिए अँकुड़ा लगा होता है। प्रायोगिक तार से भार लटकाए जाते हैं और लंबाई के परिवर्तन को पैमाने पर पढ़ा जाता है। प्रायोगिक तार की लंबाई तथा व्यास को नाप लिया जाता है। प्रतिबल और विकृति के संबंध के बीच एक ग्राफ़ खींचा जाता है। दोनों के अनुपात अर्थात् ग्राफ़ की प्रवणता से प्रायोगिक तार के पदार्थ के लिए यंग का गुणांक का मान प्राप्त किया जाता है।

चित्र 9.2 प्रतिबल-विकृति संबंध का अध्ययन करने का उपकरण

9.5 प्रत्यास्थता गुणधर्म का उपयोग

प्राकृतिक पदार्थों में अधिकांश न तो पूर्णतः प्रत्यास्थ होते हैं न पूर्णतः सुघट्य। उदाहरण के लिए ऐसे पदार्थ होते हैं जो भार बढ़ाए जाने की पूरी अवधि में प्रत्यास्थ पदार्थ की तरह व्यवहार करते हैं परंतु जब भार हटाया जाता है तब पदार्थ तुरंत ही अपनी प्रारंभिक लंबाई नहीं प्राप्त कर लेता। परवर्ती विस्तार समय के ऊपर निर्भर करता है। इस परिघटना को **प्रत्यास्थ उत्तर प्रभाव अथवा मंद विरूपण** कहते हैं और यह विशेषतः रबड़ के पट्टों में प्रत्यक्ष होता है।

ध्यान में रखने योग्य एक अन्य बात यह है कि सामान्य बातचीत में प्लास्टिक (सुघट्य) शब्द का अर्थ इसके वैज्ञानिक अर्थ से पूर्णतः भिन्न होता है। वे वस्तुएँ प्लास्टिक इसलिए कहलाती हैं कि उनके उत्पादन की एक अवस्था में वे प्लास्टिक (सुघट्य) थीं जब उन्हें किसी भी शक्ल में ढाला जा सकता था।

प्रत्यास्थता का एक अन्य पहलू, जिसके महत्वपूर्ण उपयोग हैं, प्रत्यास्थता श्रांति है। विरूपण और पुनः प्राप्ति जब बहुत बार दुहराई जाती है, (जो इस्पात की कमानी के लिए संभवतः कई लाख बार हो सकता है) तो बहुत प्रत्यास्थ धातु की आंतरिक संरचना में परिवर्तन हो जाता है। इसके फलस्वरूप साधारण भंगुरन-भार से कम भार होने पर भी पदार्थ टूट सकता है। वायुयानों की रूपरेखा बनाने में इसका बहुत महत्त्व है।

इंजीनियरी के उपयोग के पदार्थों में दो गुणों का होना साधारणतः आवश्यक है :

1. उन्हें मज़बूत होना चाहिए ताकि बड़ा भार पड़ने पर भी वे न टूटें।
2. उन्हें भंगुर न होकर चीमड़ होना चाहिए।

प्रत्यास्थ विरूपण के कारण धातुएँ व्यावहारिक उपयोग के लिए प्रयुक्त होती हैं। कुछ आम धातुओं का प्रत्यास्थी व्यवहार निम्नलिखित है :

(i) शुद्ध लोहा लचीला होता है पर प्रत्यास्थ नहीं होता।
(ii) इस्पात लचीला और प्रत्यास्थ दोनों ही होता है।
(iii) ढलवाँ लोहा (जिसमें 3 से 4 प्रतिशत कार्बन होता है) न लचीला होता है, न प्रत्यास्थ।
(iv) ताँबा तन्य होता है।
(v) सीसा आघातवर्ध्य होता है और इसमें सुघट्यता भी होती है।

इमारतें बनाने के काम में लोहे और इस्पात का बहुत उपयोग किया जाता है। नहरों पर पुल बनाने के लिए लोहा काफी संतोषजनक है पर रेलों के लिए पुल बनाने में साधारणतः इस्पात का उपयोग किया जाता है। तन्यता के कारण ताँबे के पतले तार बनाए जा सकते हैं। सीसे को आसानी से पीटकर चद्दरों के रूप में बनाया जा सकता है और फिर मोड़कर उसे मनचाही आकृति दी जा सकती है। इस कारण सीसा आवरण बनाने, छत बनाने तथा नलकर्म में उपयोग में लाया जाता है।

अभ्यास

1. (a) प्रत्यास्थता शब्द से आप क्या समझते हैं ?
   (b) पदार्थों के प्रत्यास्थी आचरण के अध्ययन के आधार पर हुक की उपलब्धियाँ क्या थीं ?
2. (a) निम्नलिखित शब्दों के क्या अर्थ हैं :
   (1) प्रत्यास्थता सीमा
   (2) अनुदैर्घ्य प्रतिबल
   (3) अनुदैर्घ्य विकृति
   (b) यदि विरूपकारी बल को प्रत्यास्थता सीमा से ऊपर कर दिया जाय तो क्या कोई ठोस छड़ अपना मूल रूप प्राप्त कर लेगी ?
3. किसी तार की प्रत्यास्थता के अध्ययन के प्रयोग में निम्नलिखित आँकड़े प्राप्त हुए:

तार की लंबाई	तार से लटकाया भार
25.00 सेमी	0.50 N
28.10 सेमी	1.50 N
31.20 सेमी	2.00 N
34.50 सेमी	2.50 N
38.40 सेमी	3.00 N
41.00 सेमी	3.50 N
43.20 सेमी	4.00 N
76.50 सेमी	4.50 N

तार के विस्तार और संगती भार के बीच एक ग्राफ़ खींचिए और इसकी व्याख्या कीजिए।

4. निम्नलिखित वर्गों के पदार्थों में प्रत्येक के कम से कम एक सामान्य पदार्थ का उदाहरण दीजिए :
   तन्य, आघातवर्ध्य, तथा भंगुर। प्रत्येक वर्ग की मुख्य विशेषताओं का वर्णन कीजिए।
5. (a) किसी पदार्थ के लिए प्रतिबल और विकृति के बीच के वक्र से उसके प्रत्यास्थी आचरण को जानने में सहायता कैसे मिलती है ? क्या विभिन्न पदार्थों के लिए प्रतिबल-विकृति वक्र अलग-अलग क़िस्म के होते हैं ?
   (b) प्रत्यास्थ पदार्थ के लिए पराभव बिंदु का क्या अर्थ होता है ?

अध्याय 10

परमाणु की संरचना

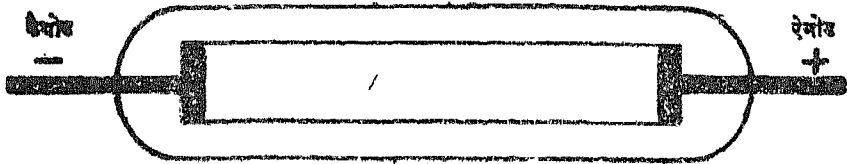
हम अणु पद से पहले ही परिचित हैं। हम यह भी जानते हैं कि अणु, परमाणुओं से बनते हैं। इस बात को समझने के लिए कि परमाणु किस प्रकार मिलकर अणु बनाते हैं और वह पदार्थों के मध्य अभिक्रियाओं में कैसे भाग लेते हैं, हमें परमाणु संरचना का निरीक्षण अवश्य ही करना होगा।

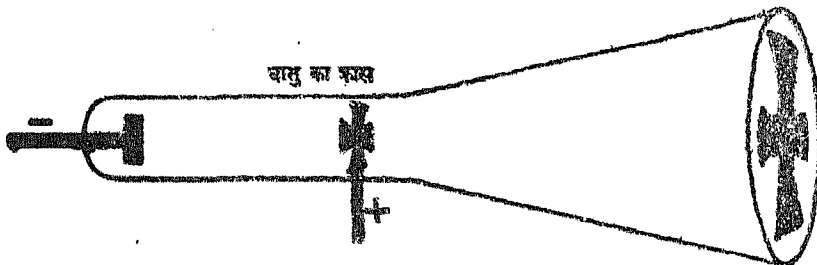
10.1 क्या द्रव्य वैद्युत स्वभाव का है ?

हम जानते हैं कि जब एबोनाइट की एक छड़ को फर से रगड़ा जाता है, तब इस पर ऋण आवेश (negative charge) उत्पन्न हो जाता है। इसी प्रकार एक शीशे की छड़ को रेशम से रगड़ने से उस पर धन आवेश उत्पन्न हो जाता है। यदि हम इस बात की खोज करें कि विभिन्न पदार्थों से बनी वस्तुओं को आवेशित करने पर क्या होता है, हम इस निष्कर्ष पर पहुँचेंगे कि विभिन्न प्रकार के आवेशों की संख्या केवल दो तक सीमित है अर्थात् ऋण तथा धन। द्रव्य में धन व ऋण आवेशों की उपस्थिति एक सार्वलिक (universal) परिघटना है। हम अब एक-एक की परीक्षा करेंगे।

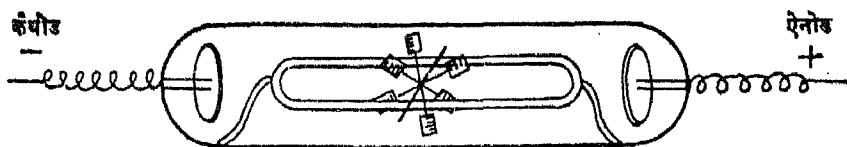
10.1-1 ऋण आवेश किस प्रकार के होते हैं ?

हम में से अधिकांश ने गृहों व सड़कों के प्रकाश हेतु ट्यूब रोशनी देखी है। क्या हमने कभी सोचा है कि यह ट्यूब किस प्रकार प्रकाश देते हैं जब कि इनमें बिजली के बल्बों में प्रयुक्त तंतु (filament) भी नहीं होते हैं। निम्न प्रयोग इस प्रश्न का समाधान दे सकेगा।

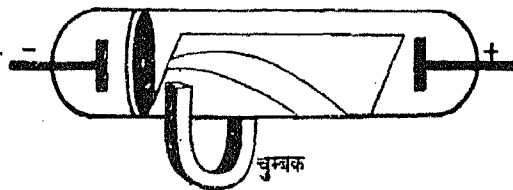
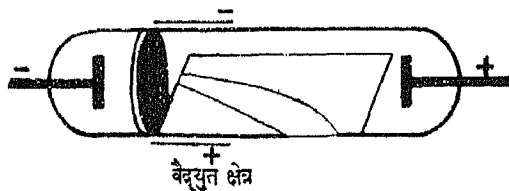
यदि एक ऐसे शीशे के ट्यूब में जिसमें बहुत ही कम दाब (1 mm Hg) पर हवा भरी हो, दो इलेक्ट्रोड सील कर दिए जाएँ और फिर विद्युत विसर्जन (electric discharge) प्रवाहित किया जाए, तब इन दोनों इलेक्ट्रोडों के बीच के स्थान में दीप्ति (glow) दिखायी पड़ेगी (चित्र 10.1)। यदि हवा के स्थान पर दूसरी गैस भर दी जाती है, तब भी यह दीप्ति बनी रहती है परन्तु दीप्ति का रंग गैस की प्रकृति के अनुसार बदलता रहता है।

चित्र 10.1 बहुत निम्न दाब पर गैसों में वैद्युत विसर्जन

यदि इसी प्रकार के प्रयोग और निम्न दाब (0.001 mm Hg) पर किए जाएँ, तब ट्यूब में दीप्ति गायब हो जाती है और इसके स्थान पर कैथोड की विपरीत दिशा में शीशे का ट्यूब दीप्ति देने लगता है और हलका हरा प्रकाश उत्सर्जित (emit) करने लगता है। यदि चित्र 10.1 में प्रदर्शित ट्यूब के समान एक अन्य ट्यूब में एक धातु का बना क्रॉस इलेक्ट्रोडों के बीच रख दिया जाए तब हम देखेंगे कि धातु-क्रॉस की परछाईं ट्यूब की उस दीवार पर पड़ेगी जो कैथोड से बिल्कुल दूर है (चित्र 10. 2)।

चित्र 10.2 कैथोड किरणें परछाईं डालती हैं

यह इंगित करता है कि कैथोड से ऐनोड की ओर एक पुंज (beam) एक सीधी रेखा

में चल रहा है। इस पुंज को कैथोड किरणें कहते हैं। यह पुंज एक डिस्क को कैथोड से दूर हटाने की भी क्षमता रखता है (चित्र 10.3)।

चित्र 10.3 कैथोड किरणों में गतिज ऊर्जा की उपस्थिति

इस बात से यह आभास मिलता है कि पुंज में द्रव्यमान रहता है और उसमें गतिज ऊर्जा रहती है। दूसरे शब्दों में यह कणों का एक पुंज है।

यह पुंज, एक शक्तिशाली चुंबकीय क्षेत्र, व एक विद्युत क्षेत्र द्वारा भी धन प्लेट की ओर विक्षेपित (deflected) हो जाता है [चित्र 10.4 (a) व 10.4 (b)]। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि पुंज, ऋण आवेशित कणों से बना है।

चित्र 10.4 (a) कैथोड किरणों पर चुंबकीय क्षेत्र का प्रभाव

चित्र 10.4 (b) कैथोड किरणों पर विद्युत क्षेत्र का प्रभाव

वैज्ञानिकों की और अधिक खोज-बीन ने यह सिद्ध किया है कि प्रत्येक ऐसे कण के लिए उसके ऋण आवेश (e) का उसके द्रव्यमान (m) के साथ अनुपात, एक स्थिरांक होता है, चाहे जो भी गैस विसर्जन नलिका में भरी हो।

$$e/m = \text{एक स्थिरांक}$$

यह समीकरण इंगित करता है कि ऐसे ऋण आवेशित कण सभी गैसों से सर्वनिष्ठ अवयव (common constituent) होते हैं। यह द्रव्य के अन्य रूपों के लिए भी सत्य साबित हुआ है। इस मूल ऋण आवेशित कण को **इलेक्ट्रॉन** कहते हैं।

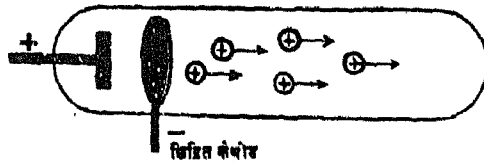
10.1-2 इलेक्ट्रॉनों के अभिलक्षण क्या हैं ?

यह सत्यापित कर दिया गया है कि :

(अ) एक इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान एक हाइड्रोजन परमाणु के द्रव्यमान का $\frac{1}{1840}$ होता है।

(ब) इलेक्ट्रॉन पर 1.6×10^{-19} कूलॉम का ऋण आवेश होता है। (एक कूलॉम, विद्युत की वह मात्रा है जो कि सिल्वर नाइट्रेट के एक विलयन में 0.00118 ग्रा सिल्वर निक्षेपित करने के लिए प्रवाहित करना आवश्यकीय हो।) यह वह सबसे लघु ऋण आवेश है जो कि एक कण धारण कर सकता है। अतएव यह मात्रा ऋण आवेश की इकाई के रूप में मानी जाती है।

10.1-3 धन आवेश कैसे होते हैं ?

हम द्रव्य में इलेक्ट्रॉनों या ऋण आवेशित कणों की उपस्थिति पहले ही सिद्ध कर चुके हैं। हम यह भी जानते हैं कि द्रव्य वैद्युत-उदासीन है। यह इंगित करता है कि द्रव्य में धन आवेशित कण भी होने चाहिए। इस तथ्य को सिद्ध किया जा सकता है यदि विसर्जन नलिका परीक्षण को पुनः किया जाए। इसमें सछिद्र कैथोड का प्रयोग करना आवश्यक है। (चित्र 10.5)।

चित्र 10.5 एक विसर्जन नलिका में धन किरणों का उत्पादन

इस परीक्षा में कैथोड के पीछे की ओर एक मंद दीप्ति देखी जाती है जो कि यह इंगित करती है कि एक प्रकार की धन किरणों का विरचन हुआ है। कैथोड किरणों के समान इन किरणों पर प्रयोग करने से यह सिद्ध किया जा सकता है कि यह धन आवेशित कणों से बनी हैं।

धन किरणों के लिए परीक्षित सभी गैसों में हाईड्रोजन गैस से प्राप्त किरणों में उच्चतम आवेश-द्रव्यमान अनुपात होता है। हाइड्रोजन से प्राप्त धन किरणों में एक ही प्रकार के कण होते हैं। इस कण को प्रोटॉन कहते हैं।

10.1-4 प्रोटॉन की प्रकृति क्या है ?

यह स्थापित किया जा चुका है कि :

(अ) एक प्रोटॉन का द्रव्यमान एक इलेक्ट्रॉन के द्रव्यमान का प्राय: 1840 गुना है अर्थात् इसका व हाइड्रोजन परमाणु का द्रव्यमान एक ही है।

(ब) एक प्रोटॉन द्वारा धारण किया हुआ आवेश बराबर है इलेक्ट्रॉन द्वारा धारण किए हुए आवेश के, परन्तु यह विपरीत चिह्न का होता है। यह धन आवेश की इकाई का निरूपण करता है।

10.2 न्यूट्रॉन क्या है ?

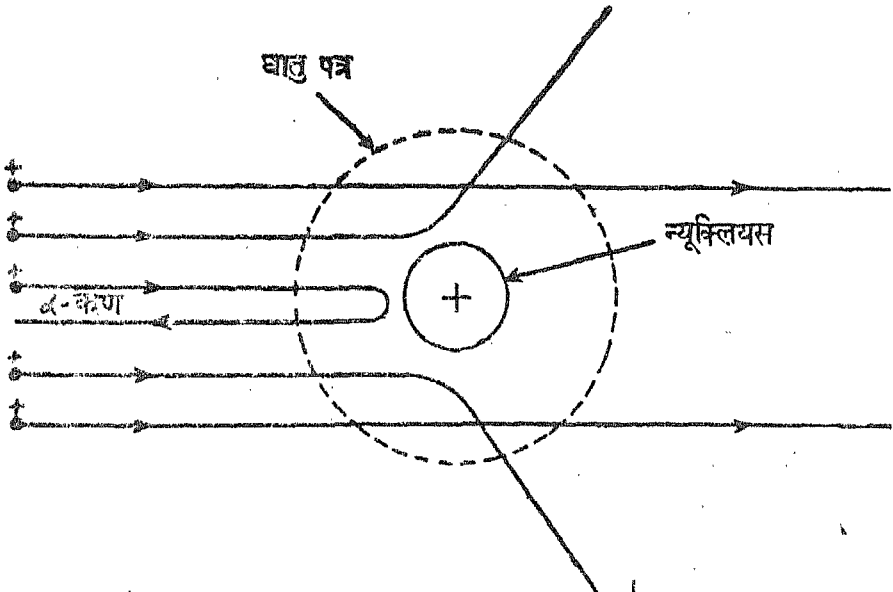
हम किसी तत्त्व के परमाणु द्रव्यमान से पहले ही परिचित हो चुके हैं। हम यह भी स्थापित कर चुके हैं कि परमाणु इलेक्ट्रॉनों व प्रोटॉनों द्वारा रचित होते हैं। यदि ऐसा है तब किसी तत्त्व का परमाणु-द्रव्यमान, तत्त्व के परमाणु में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों व प्रोटॉनों के कुल द्रव्यमान के बराबर होना चाहिए। हम यह भी निर्धारित कर चुके हैं कि इलेक्ट्रॉनों का द्रव्यमान नगण्य होता है (पूरे परमाणु के द्रव्यमान की तुलना में)। इसके अर्थ हुए कि किसी परमाणु का द्रव्यमान उसमें उपस्थित प्रोटॉनों की संख्या पर मुख्यत: निर्भर होना चाहिए। कार्बन का औसत आण्विक द्रव्यमान 12 है। तथापि, एक कार्बन परमाणु में केवल 6 प्रोटॉन होते हैं, जो कि केवल 6 द्रव्यमान इकाइयों का स्पष्टीकरण दे सकता है। इसी प्रकार, सोडियम का औसत आणविक द्रव्यमान 23 है पर सोडियम परमाणु में केवल 11 प्रोटॉन होते हैं। यह केवल 11 द्रव्यमान इकाइयों का स्पष्टीकरण दे सकता है। इस अन्तर को कैसे स्पष्ट किया जाए ? इस

कठिनाई को चैडविक ने तृतीय मूल कण के आविष्कार द्वारा दूर किया। यह कण वैद्युत उदासीन है और इसका द्रव्यमान एक प्रोटॉन के द्रव्यमान के लगभग बराबर होता है। इस कण को न्यूट्रॉन कहते हैं।

10.3 परमाणु में इलैक्ट्रॉन, प्रोट्रॉन व न्यूट्रॉन कैसे व्यवस्थित होते हैं ?

कुछ पदार्थ, जैसे रेडियम, विकिरण उत्सर्जित करते हैं। यह विकिरण हैं ऐल्फा (α) व बीटा (β) कण व गामा (γ) किरणें। इस स्थान पर हम एक रोचक प्रयोग के बारे में बताना चाहेंगे जिसको सन् 1911 में रुदरफ़ोर्ड ने परमाणु संरचना के लिए α-कणों का इस्तेमाल करते हुए किया था। α-विकिरण, द्रव्य में थोड़ा बहुत प्रवेश कर सकते हैं। इनमें 2 धन आवेश वाले व द्रव्यमान की 4 इकाईयों वाले कण होते हैं।

10.3-1 रुदरफ़ोर्ड प्रयोग

यदि α-विकिरण का एक समानांतर पुंज एक महीन सोने की पत्ती से टकराया जाए, तब हम निम्न प्रेक्षण कर सकते है (चित्र 10.6)।

(अ) अधिकांश α-विकिरण, धातु पत्ती के भीतर सीधी रेखाओं में निकल सकते हैं। यह प्रदर्शित करता है कि परमाणु के अन्दर काफी खाली स्थान है।

(ब) कुछ α-विकिरण थोड़ा सा विक्षेपित हो जाता है जब कि कणों की एक बहुत ही छोटी संख्या एक बड़े कोण का आकार बना कर विक्षेपित हो जाती है। यह वृहत विक्षेपण तीन बातें प्रगट करता है :

1. वह α-कण जो बहुत अधिक विक्षेपित हो जाता है, परमाणु के भीतर एक अति उच्च द्रव्यमान वाले केंद्र से मिलन करता है।
2. उच्च द्रव्यमान वाला केंद्र धन-आवेशित होता है और इसलिए इलेक्ट्रॉनों को विकर्णित करता है।
3. केंद्र को परमाणु के भीतर बहुत ही लघु स्थान घेरना चाहिए।

10.3-2 परमाणु का नाभिक (nucleus) क्या है ?

रुदरफ़ोर्ड के प्रयोग से यह स्पष्ट हो जाता है कि किसी परमाणु का कुल द्रव्यमान एक छोटे से क्षेत्र में सांद्रित रहता है। किसी परमाणु के सभी प्रोटॉन व न्यूट्रॉन इसी क्षेत्र में उपस्थित रहना चाहिए। अतएव यह धन-आवेशित होता है। परमाणु का यह भाग **नाभिक** कहलाता है। किसी तत्त्व के परमाणु में उपस्थित प्रोटॉनों व न्यूट्रॉनों की कुल संख्या उसका **परमाणु द्रव्यमान** कहलाता है।

हम जानते हैं कि परमाणु क्योंकि विद्युत उदासीन होता है इसलिए इसके इलेक्ट्रॉनों की संख्या, इसके नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों की संख्या के बराबर होनी चाहिए।

10.3-3 किसी परमाणु में इलेक्ट्रॉन कहाँ पर हैं ?

क्योंकि नाभिक धन आवेशित होता है, इसलिए इलेक्ट्रॉन इसके बाहर ही होने चाहिए। रुदरफ़ोर्ड के प्रयोगों से यह स्पष्ट हो जाता है कि इलेक्ट्रॉन, परमाणु का अधिकांश स्थान अधिकृत किए रहते हैं। इलेक्ट्रॉनों की संख्या, प्रोटानों की संख्या अर्थात् परमाणु संख्या के बराबर होती है।

10.4 परमाणु के बारे में आधुनिक संकल्पना क्या है ?

आधुनिक संकल्पना के अनुसार परमाणु में एक लघु नाभिक होता है जिसमें कि सभी प्रोटॉन व न्यूट्रॉन उपस्थित रहते हैं। इलेक्ट्रॉन, नाभिक के बाहर ऋण विद्युत का एक मेघ बनाते हैं। इस मेघ में इलेक्ट्रॉन अपनी स्थितिज ऊर्जा (potential energy) अर्थात् ऊर्जा स्तरों (energy levels) के आधार पर व्यवस्थित रहते हैं। इन ऊर्जा स्तरों को नामित करने के लिए संख्याएँ, 1, 2, 3, 4 (मुख्य क्वान्टम अंक) या K, L, M, N आदि अक्षरों का प्रयोग किया जाता है। मुख्य क्वान्टम अंक के लघु मान (n) यह इंगित करते हैं कि इलेक्ट्रॉन एक निम्न ऊर्जा स्तर पर है। इसलिए लघुतम ऊर्जा स्तर को n=1 स्तर कहते हैं। यह K कोश (shell) का तदनुरूपी होता है। इसी प्रकार, क्रमशः उच्चतर ऊर्जा स्तर n=2, n=3, आदि L, M, आदि कोशों के तदनुरूपी होते हैं। एक ही कोश के अन्दर सभी इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जा बराबर नहीं भी हो सकती है। हम यहाँ पर इन सब बातों की व्याख्या नहीं करेंगे। यह सब उच्चतर कक्षाओं में पढ़ाया जाएगा।

एक K कोश में रहने वाले इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या 2 है। L, M व N कोश क्रमशः 8, 18 व 32 इलेक्ट्रॉन रख सकते हैं। इस प्रकार जैसे-जैसे हम उच्चतर कोशों में जाते हैं, यह संख्या बढ़ती जाती है।

सारणी 10.1 में प्रथम उन्नीस तत्त्वों में प्रोटॉनों, न्यूट्रानों तथा इलेक्ट्रॉनों की संख्या व उनके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास दिए गए हैं।

सारणी 10.1

कुछ तत्त्वों के परमाणु कण व इलेक्ट्रॉनिक विन्यास

तत्त्व का संकेत	द्रव्यमान संख्या	परमाणु क्रमांक	न्यूट्रॉन	प्रोटॉन	इलेक्ट्रॉनिक विन्यास K	L	M	N
H	1	1	0	1	1			
He	4	2	2	2	2			
Li	7	3	4	3	2	1		
Be	9	4	5	4	2	2		
B	11	5	6	5	2	3		
C	12	6	6	6	2	4		
N	14	7	7	7	2	5		
O	16	8	8	8	2	6		
F	19	9	10	9	2	7		
Ne	20	10	10	10	2	8		
Na	23	11	12	11	2	8	1	
Mg	24	12	12	12	2	8	2	
Al	27	13	14	13	2	8	3	
Si	28	14	14	14	2	8	4	
P	31	15	16	15	2	8	5	
S	32	16	16	16	2	8	6	
Cl	35	17	18	17	2	8	7	
Ar	40	18	22	18	2	8	8	
K	39	19	20	19	2	8	8	1

इस सारणी से यह स्पष्ट हो जाता है कि इलेक्ट्रॉन निम्नतम ऊर्जा स्तर पर रहते हैं। यह तथ्य एक परमाणु में अधिकतम स्थायित्व की स्थिति के तदनुरूपी है। यह बात ध्यान देने योग्य है कि पोटैशियम परमाणु के M कोश में केवल 8 इलेक्ट्रॉन होते हैं और एक इलेक्ट्रॉन उच्चतर

कोश, N, में रहता है। इसका कारण यह है कि अगले 10 इलेक्ट्रॉन, जो कि M कोश में संभवतः स्थान पा गये होते, N कोश के प्रथम दो इलेक्ट्रॉनों से अधिक स्थितिज ऊर्जा वाले होते हैं। इसका कारण है कोशों के भीतर के स्थितिज ऊर्जा में वह सूक्ष्म अन्तर जिनका ऊपर उल्लेख किया जा चुका है।

10.5 संयोजकता इलेक्ट्रॉन क्या हैं ?

हम अगले अध्याय में पढ़ेंगे कि उच्चतम ऊर्जा स्तर में स्थित इलेक्ट्रॉन, रासायनिक अभिक्रियाओं में भाग लेते हैं। इनको **संयोजकता इलेक्ट्रॉन** कहते हैं क्योंकि इनकी संख्या, संयोजकता को परिभाषित करती है। संयोजकता के अर्थ हैं किसी परमाणु की संयोजन क्षमता। किसी तत्व का रासायनिक व्यवहार उसके परमाणु में उपस्थित संयोजकता इलेक्ट्रॉनों की संख्या पर निर्भर करता है और यह नाभिकीय द्रव्यमान से प्रायः स्वतंत्र होता है।

10.6 समस्थानिक क्या है ?

अधिकतर तत्वों के एक से अधिक समस्थानिक (isotopes) होते हैं। क्योंकि परमाणु द्रव्यमान किसी एक तत्व के परमाणु के औसत सापेक्ष द्रव्यमान को निदेशित करता है इसलिए बहुत-से तत्वों के परमाणु द्रव्यमान भिन्नात्मक (fractional) होते हैं।

यह पाया गया है कि किसी तत्व के सभी परमाणुओं में न्यूट्रॉनों की संख्या बराबर नहीं होती है। इसके कारण उनके परमाणु द्रव्यमान में अन्तर आ जाता है यद्यपि ऐसे परमाणु में इलेक्ट्रॉनों व प्रोट्रॉनों की संख्या वही रहती है। दूसरे शब्दों में उनकी परमाणु क्रमांक वही होती है परंतु परमाणु द्रव्यमान विभिन्न होते है। ऐसे परमाणु समस्थानिक कहलाते हैं। क्योंकि उनमें इलेक्ट्रॉनों की संख्या वही होती है और इलेक्ट्रॉनिक विन्यास भी समरूपी होते हैं अतः उनका रासायनिक व्यवहार एक-सा होता है।

सारणी 10.2 में हाइड्रोजन और कार्बन के कुछ समस्थानिक तथा उनके नाभिकों का संघटन दिया गया है।

सारणी 10.2

हाइड्रोजन तथा कार्बन के कुछ समस्थानिक

तत्त्व	समस्थानिक	परमाणु क्रमांक	परमाणु द्रव्यमान	नाभिक का संघटन
हाइड्रोजन	^{1}H	1	1.0078	1 प्रोटॉन
	^{2}H	1	2.0141	1 प्रोटॉन तथा 1 न्यूट्रॉन
	^{3}H	1	3.0160	1 प्रोटॉन तथा 2 न्यूट्रॉन
कार्बन	^{12}C	6	12.0000	6 प्रोटॉन तथा 6 न्यूट्रॉन
	^{14}C	6	14.0032	6 प्रोटॉन तथा 8 न्यूट्रॉन

टिप्पणी : समस्थानिकों के परमाणु द्रव्यमान पूर्ण संख्यक लिए जा सकते हैं क्योंकि आंशिक भाग नगण्य है।

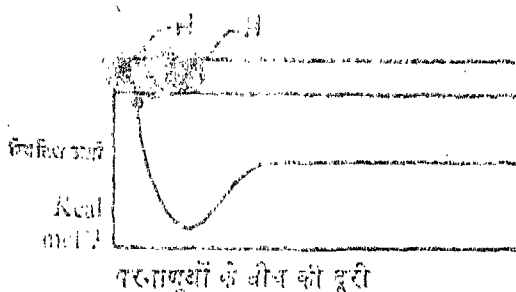
अभ्यास

1. किस साक्ष्य ने सुझाया कि :
   (a) इलेक्ट्रॉन द्रव्य के सामान्य अवयव होते हैं।
   (b) इलेक्ट्रॉन का स्वभाव वही होगा चाहे जो कैथोड पदार्थ लिया गया हो।
   (c) इलेक्ट्रॉन-पुंज एक सीधी रेखा में चलता है।
2. इलेक्ट्रॉनों, प्रोटॉनों व न्यूट्रॉनों की उनके द्रव्यमान व आवेश के संदर्भ में तुलना करिए।
3. एक विसर्जन नली में धन किरणों के विरचन को प्रदर्शित करने के लिए एक स्वच्छ चिह्नित चित्र खींचिए।
4. किस प्रायोगिक साक्ष्य पर यह अनुमान किया गया था कि :
   (1) किसी परमाणु का समस्त द्रव्यमान उसके नाभिक में केंद्रित है ?
   (2) परमाणु का केंद्रीय भाग धनावेशित है ?

5. परमाणु की आधुनिक संकल्पना का एक संक्षिप्त विवरण दीजिए।
6. उन तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए जिनकी परमाणु संख्याएँ क्रमशः 5, 7, 11, 17 व 19 हैं।
7. संयोजकता इलेक्ट्रॉन क्या हैं? कार्बन, सोडियम व फ़ॉस्फ़ोरस तत्वों में उपस्थित संयोजकता इलेक्ट्रॉनों की संख्या लिखिए।
8. निम्न पदों को परिभाषित करिए व प्रत्येक का एक उदाहरण दीजिए:
   (a) परमाणु क्रमांक; (b) द्रव्यमान संख्या; (c) समस्थानिक।

अध्याय 11

रासायनिक बंधन

परमाणु आपस में संयोजन करके अणु बनाते हैं। यदि एक ही तत्व के परमाणु संयोजन करते हैं तब हमें उसी तत्व का एक अणु प्राप्त होता है। उदाहरणतः हाइड्रोजन के दो परमाणु आपस में मिलकर हाइड्रोजन का एक अणु बनाते हैं। जब विभिन्न तत्वों के परमाणु संयोजन

चित्र 11.1 दो हाइड्रोजन परमाणु एक दूसरे की ओर उपगमन करते हुए

करते हैं, तब यौगिक का एक अणु विरचित होता है। उदाहरण के लिए हाइड्रोजन व ब्रोमीन की अभिक्रिया से हाइड्रोजन ब्रोमाइड विरचित होता है।

जनित अणु, संयोजन करते हुए अणुओं की अपेक्षा सदैव अधिक स्थायी होता है। दूसरे शब्दों में, तंत्र की स्थितिज ऊर्जा अणु के विरचन के साथ घटती है। यह चित्र 11.1 में प्रदर्शित है। चलिए हम कल्पना करें कि दो हाइड्रोजन परमाणु बड़ी दूरी से एक दूसरे की ओर अग्रसर हो रहे हैं। जैसे-जैसे यह पास आते हैं, तंत्र की स्थितिज ऊर्जा, पारस्परिक आकर्षण के कारण घटना प्रारंभ कर देती है। दोनों परमाणुओं के बीच एक विशिष्ट क्रांतिक (critical) दूरी पर स्थितिज ऊर्जा में एक बहुत तीक्ष्ण निम्निष्ठ (very sharp minimum) पाया जाता है।

न्यूनतम स्थितिज ऊर्जा की यह अवस्था हाइड्रोजन अणु के विरचन के तदनुरूपी होती है। इस बात पर ध्यान दीजिए कि यदि हाइड्रोजन अणु को हाइड्रोजन परमाणुओं में फिर विघटित करना हो तब बाहर से काफी मात्रा में ऊर्जा की पूर्ति करनी पड़ेगी। दूसरे शब्दों में, हाइड्रोजन अणु बहुत स्थायी होता है। ऊर्जा में जितनी अधिक कमी आएगी जनित अणु उतना ही स्थायी होगा। एक हाइड्रोजन अणु में दोनों परमाणु ऐसा व्यवहार करते हैं कि जैसे वह किसी प्रकार के 'बंध' द्वारा जकड़े हुए हों। रासायनिक यौगिकों में हमें विभिन्न प्रकार के बंध मिलते हैं।

11.1 क्या सभी तत्त्व रासायनिक बंध बनाते हैं ?

हाइड्रोजन के बाद आने वाला तत्त्व हीलियम है। हाइड्रोजन की तुलना में यह द्विपरमाणु (diatomic) He_2 अणु नहीं बनाता है और न ही यह अन्य तत्त्वों के साथ बंध-विरचन की कोई प्रवृत्ति दिखाता है। सत्य तो यह है कि यह तत्त्वों के एक समूह, जिसके सदस्य हैं नियॉन, आर्गन, क्रिप्टान व ज़ीनान, का एक अभिलाक्षणिक गुण है (अध्याय 13, आवर्त सारणी का ज़ीरो समूह)। इन तत्त्वों को एक समुच्चय के रूप में **निष्क्रिय अथवा नोबुल गैसों** के नाम से पुकारते हैं क्योंकि इनमें बंध विरचन की प्रवृत्ति नहीं होती है। लेविस तथा कॉसेल ने यह तर्क दिया था कि निष्क्रिय गैसें अपनी परमाणु संरचना में एक स्थायी इलेक्ट्रॉनिक विन्यास रखती हैं और इसी कारण वह रासायनिक बंध नहीं बनाती हैं। सारणी 11.1 में तत्त्वों के इस समूह का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास दिखाया गया है।

सारणी 11.1
निष्क्रिय गैसों का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास

निष्क्रिय गैस	परमाणु क्रमांक	इलेक्ट्रॉनिक विन्यास K L M N O
He	2	2
Ne	10	2 8
Ar	18	2 8 8
Kr	36	2 8 18 8
Xe	54	2 8 18 18 8

लेविस व कॉसेल के अनुसार अन्य तत्वों की अभिक्रियाशीलता, निकटतम निष्क्रिय गैस (देखिए अध्याय 13) के स्थायी इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (अष्टक, octet) की प्राप्ति की प्रवृत्ति होती है। यह दो परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रॉनों के स्थानान्तरण (transfer) अथवा साझेदारी (sharing) द्वारा सम्पन्न होती है। यह विभिन्न प्रकार के बंधन जनित करते हैं। हम यह जानते हैं कि हीलियम के अतिरिक्त सभी निष्क्रिय गसों के बाह्यतम (संयोजकता) कोश में आठ इलेक्ट्रॉन होते हैं। इस प्रकार, संरचना के अन्दर, अष्टक, किसी प्रकार के स्थायित्व का अभिलक्षण अवश्य होगा।

11.2 विभिन्न बंधन क्या हैं ?

यदि रासायनिक बंधन एक परमाणु से दूसरे में इलेक्ट्रॉनों के स्थानान्तरण के कारण जनित होता है तब इसको **वैद्युत संयोजक बंधन** (electrovalent bonding) कहते हैं और विरचित यौगिक **वैद्युत संयोजक यौगिक** कहलाते हैं।

दूसरी ओर, यदि दो परमाणुओं के बीच इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी होती है तब यह कहा जाता है कि एक **सहसंयोजक बंध** (covalent bond) बना है और विरचित यौगिकों को **सहसंयोजक यौगिक** कहते हैं।

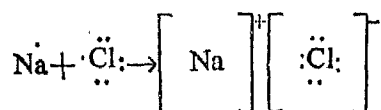
11.3-1 वैद्युत संयोजक बंध क्या हैं ?

दो परमाणुओं के मध्य वैद्युत संयोजक बंध के विरचन में, एक या अधिक इलेक्ट्रॉन एक परमाणु से दूसरे में स्थानान्तरित (दान) होते हैं। इस कारण दोनों परमाणु में विद्युत आवेश उत्पन्न हो जाता है और उनको अब **आयन** (ions) कहते हैं। वह परमाणु जो कि इलेक्ट्रॉन का दान करता है घन आवेशित आयन (**धनायन**, cation) बन जाता है। जो परमाणु इलेक्ट्रॉन ग्रहण करता है, एक ऋण आवेशित आयन (**ऋणायन**, anion) बन जाता है। वैद्युत संयोजक बंध विरचन को सोडियम क्लोराइड (Na^+Cl^-) के, सोडियम व क्लोरीन से विरचन, द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है। Na, Na^+, Cl व Cl^- के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास हैं :

Na	Na^+	Cl	Cl^-
(2, 8, 1)	(2, 8)	(2, 8, 7)	(2, 8, 8)
	नियॉन विन्यास		आर्गन विन्यास

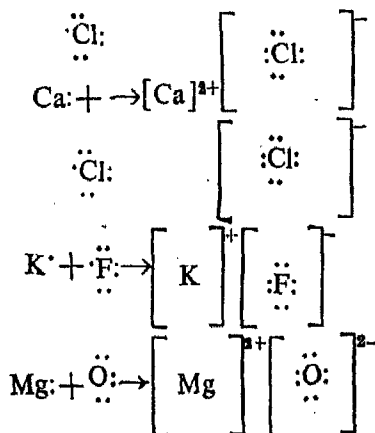
इस बात पर ध्यान दीजिए कि Na से एक इलेक्ट्रॉन के स्थानान्तरण से जनित Na^+ के पास नियॉन विन्यास हो जाता है। इसी प्रकार एक इलेक्ट्रॉन के ग्रहण द्वारा Cl^- बन जाता है, जिसका कि आर्गान विन्यास होता है। इस प्रकार दोनों ही स्थायी निष्क्रिय गैस विन्यास प्राप्त कर लेते हैं।

क्योंकि बंध विरचन में, सामान्यत: बाह्यतम कोशों में स्थिति इलेक्ट्रॉन ही भाग लेते हैं, अत: बंध विरचन के निरूपण में केवल इन्हीं बाह्यतम इलक्ट्रॉनों को प्रदर्शित किया जाता है। प्रत्येक इलक्ट्रॉन को बिन्दु (॰) द्वारा निदेशित किया जाता है। उपरोक्त उदाहरण का, बिंदु निदेशन इस प्रकार होगा।

$$\dot{Na} + \cdot\underset{\cdot\cdot}{\ddot{Cl}}: \rightarrow \left[\ Na\ \right]^{+}\left[\ :\underset{\cdot\cdot}{\ddot{Cl}}:\ \right]^{-}$$

इलेक्ट्रॉनों के स्थानान्तरण से जनित Na^+ व Cl^- आयन विपरीत आवेशों के स्थिर वैद्युत (electrostatic) आकर्षण के कारण आपस में बँधे रहते हैं। इसी विधि के अनुसार कैल्सियम क्लोराइड, पोटैशियम फ्लोराइड व मैग्नीशियम ऑक्साइड के विरचन का बिंदु निदेशन निम्नलिखित है :

$$Ca: + \begin{matrix}\cdot\underset{\cdot\cdot}{\ddot{Cl}}:\\ \cdot\underset{\cdot\cdot}{\ddot{Cl}}:\end{matrix} \rightarrow [Ca]^{2+}\begin{matrix}\left[\ :\underset{\cdot\cdot}{\ddot{Cl}}:\ \right]^{-}\\ \left[\ :\underset{\cdot\cdot}{\ddot{Cl}}:\ \right]^{-}\end{matrix}$$

$$K^{\cdot} + \cdot\underset{\cdot\cdot}{\ddot{F}}: \rightarrow \left[\ K\ \right]^{+}\left[\ :\underset{\cdot\cdot}{\ddot{F}}:\ \right]^{-}$$

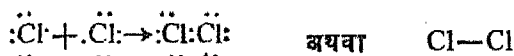
$$Mg: + \underset{\cdot\cdot}{\ddot{O}}: \rightarrow \left[\ Mg\ \right]^{2+}\left[\ :\underset{\cdot\cdot}{\ddot{O}}:\ \right]^{2-}$$

क्योंकि बंधन में आयनों का विरचन होता है इसलिए इस प्रकार के बंधन को आयनी बंधन (ionic bonding) व जनित यौगिकों को आयनी यौगिक कहते हैं।

11.3-2 वैद्युत संयोजक यौगिकों के अभिलक्षण क्या हैं ?

वह यौगिक, जिनमें वैद्युत संयोजक या आयनी बंध होते हैं, स्थिर वैद्युत बलों द्वारा आपस में बंधे धनात्मक व ऋणात्मक आयनों से बने होते हैं। आयनी ठोस अणुक पदार्थों के उच्च गलनांक व क्वथनांक (melting point and boiling point) इनको बांधे हुए शक्तिवान स्थिर वैद्युत बलों के ही परिणाम हैं। वैद्युत संयोजक यौगिक जल में सुगमता से घुल जाते हैं और इस प्रकार उनके अवयवों के आयन मिलते हैं। संगलित (molten) व जलीय विलयनों में यह विद्युत के सुचालक होते हैं।

11.4-1 सहसंयोजक बंध क्या हैं ?

बहुत से यौगिकों में रासायनिक बंधन हेतु प्रत्येक अभिकारक परमाणु के निष्क्रिय गैस विन्यास को इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी (स्थानान्तरण नहीं) द्वारा स्पष्ट किया गया है। यह दो क्लोरीन परमाणुओं से एक क्लोरीन अणु के विरचन में चित्रित किया गया है। बिंदु पद्धति का व्यवहार करते हुए व केवल बाह्यतम (संयोजकता) कोश के इलेक्ट्रॉनों का प्रयोग करते हुए क्लोरीन का विरचन निम्न रीति से लिखा जा सकता है :

$$:\ddot{\underset{..}{Cl}}\cdot + .\ddot{\underset{..}{Cl}}: \rightarrow :\ddot{\underset{..}{Cl}}:\ddot{\underset{..}{Cl}}: \quad \text{अथवा} \quad Cl—Cl$$

प्रत्येक क्लोरीन परमाणु एक इलेक्ट्रॉन देता है और इस प्रकार से जनित इलेक्ट्रॉन युग्म का दोनों परमाणु साझा करते हैं। एक सहसंयोजक बंध एक डैश (—), जैसा कि ऊपर दिखाया है, द्वारा निदेशित किया जा सकता है। एक सहसंयोजक बंध के अर्थ हैं दो परमाणुओं के बीच एक इलेक्ट्रॉन युग्म (electron pair) की साझेदारी। इस प्रकार उपरोक्त उदाहरण में प्रत्येक परमाणु आर्गन (2, 8, 8) विन्यास प्राप्त कर लेता है।

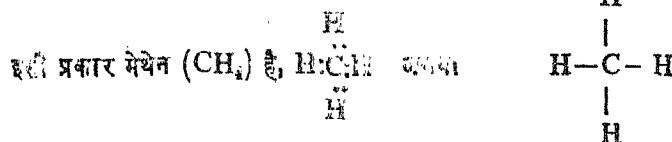
एक हाइड्रोजन अणु भी दो हाइड्रोजन परमाणुओं के मध्य सहसंयोजक बंध के विरचन द्वारा जनित होता है।

$$H\cdot + \cdot H \rightarrow H:H \quad \text{अथवा} \quad H—H$$

इस प्रकार ध्यान दीजिए कि हाइड्रोजन अणु में समीपतम निष्क्रिय गैस, हीलियम, की भाँति दो इलेक्ट्रॉन होते हैं।

इसी प्रकार हम कार्बन टेट्राक्लोराइड (CCl_4) के विरचन को कार्बन व चार क्लोरीन परमाणुओं के बीच इलेक्ट्रॉनों के चार युग्मों की साझेदारी द्वारा स्पष्ट कर सकते हैं। यह निम्न ढंग से निर्देशित किया जाता है :

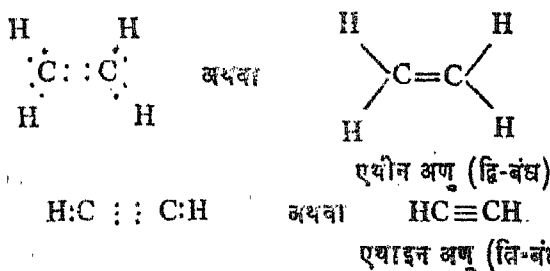
```
      ..                       Cl
     :Cl:                      |
  .. .. ..        अथवा    Cl — C — Cl
 :Cl:C:Cl:                     |
  .. .. ..                     Cl
     :Cl:
      ..
```

```
                                           H
                     H                     |
इसी प्रकार मेथेन (CH4) है, H:C:H    अथवा    H — C — H
                     H                     |
                                           H
```

यदि इलेक्ट्रॉनों के दो युग्मों की साझेदारी होती है तब दो सहसंयोजक बंध बनते हैं और यौगिक के पास एक द्वि-बंध (double bond) होता है। इसी प्रकार इलेक्ट्रॉनों की तीन युग्मों की साझेदारी से तीन सहसंयोजक बंध प्राप्त होंगे व अणु के पास एक त्रि-बंध (triple bond) होता है। इनके उदाहरण हैं :

```
 H      H                H       H
  :C: :C:      अथवा       \     /
 H      H                  C=C
                          /     \
                         H       H
```

एथीन अणु (द्वि-बंध)

H:C : : C:H   अथवा   HC≡CH

एथाइन अणु (त्रि-बंध)

इस बात पर ध्यान दीजिए कि इन उदाहरणों में सभी इलेक्ट्रॉन, सहसंयोजक बंधों के विरचन में भाग नहीं लेते हैं। जल में, ऑक्सीजन के पास इलेक्ट्रॉनों के दो ऐसे युग्म होते हैं जिनकी साझेदारी किसी अन्य परमाणु के साथ नहीं होती है। अमोनिया में नाइट्रोजन के पास एक ऐसा युग्म है। ऐसे युग्मों को 'एकाकी युग्म' (lone pairs) कहते हैं। कभी-कभी इलेक्ट्रॉनों

के एकाकी युग्मों की अन्य परमाणुओं से साझेदारी हो सकती है। इस प्रकार से एक नए प्रकार का बंध बनता है जिसके बारे में आप उच्चतर कक्षाओं में पढ़ेंगे।

11.4-2 सहसंयोजक यौगिकों के गुण क्या हैं ?

सहसंयोजक यौगिक अधिकतर निम्न गलनांक व क्वथनांक वाले यौगिक होते हैं। सहसंयोजक यौगिकों में वैद्युत संयोजक यौगिकों की अपेक्षा अन्त: आणविक बल (intermolecular forces) बहुत ही दुर्बल होते हैं। यह तथ्य सहसंयोजक यौगिकों में निम्न गलनांक व क्वथनांक का स्पष्टीकरण करता है। यह यौगिक जल में अल्प-विलय (sparingly soluble) होते हैं परन्तु आर्गेनिक विलायकों, जैसे बेंज़ीन, ईथर, क्लोरोफॉर्म, ऐल्कोहॉल, आदि में अधिक सुगमता से विलीन होते हैं। सहसंयोजक यौगिकों में वैद्युत उदासीन अणु होते हैं जो कि विलयनों में आयन नहीं बनाते हैं। इसलिए यह विद्युत का चालन नहीं करते हैं।

11.4-3 क्या सहसंयोजक बंधों के पास आयनी अभिलक्षण होता है ?

हम पहले ही पढ़ चुके हैं कि क्लोरीन अणु, दो क्लोरीन परमाणुओं में एक इलेक्ट्रॉन युग्म की साझेदारी द्वारा बनता है और इस प्रक्रिया में एक सहसंयोजक बंध विरचित होता है। इस प्रकार से विरचित अणु में, इलेक्ट्रॉन युग्म दोनों नाभिकों द्वारा आकर्षित होता है। ऐसा सदैव एक प्रकार के परमाणुओं के मध्य बने सहसंयोजक बंध में होता है। परन्तु यदि हम असदृश (unlike) परमाणुओं के मध्य सहसंयोजक बंध पर विचार करें, जैसे हाइड्रोजन व क्लोरीन परमाणुओं के मध्य, तब हम पाते हैं कि साझे के इलेक्ट्रॉन युग्म में क्लोरीन नाभिक, हाइड्रोजन नाभिक की अपेक्षा अधिक आकर्षण प्रस्तुत करता है। इस प्रकार इलेक्ट्रॉन युग्म हाइड्रोजन की तुलना में क्लोरीन की ओर अधिक आकर्षित होता है। इस कारण एक वैद्युत असंतुलन उत्पन्न हो जाता है जिस कारण अणु के क्लोरीन-अंत पर थोड़ा सा ऋण आवेश और हाइड्रोजन-अंत पर थोड़ा-सा धन आवेश आ जाता है।

इस प्रकार हाइड्रोजन क्लोराइड अणु में सहसंयोजक बंध थोड़ा बहुत रूपान्तरित हो जाता है और इससे **आंशिक आयनी या ध्रुवीय** (polar) अभिलक्षण उत्पन्न हो जाता है। प्राय: सभी ऐसे सहसंयोजक बंध जो असदृश परमाणुओं के मध्य बनते हैं आंशिक रूप से ध्रुवीय होते हैं और ऐसे बंधों को **ध्रुवीय सहसंयोजक बंध** कहते हैं।

अभ्यास

1. एक रासायनिक बंध क्या है ? दो हाइड्रोजन परमाणुओं की स्थितिज ऊर्जा कैसे परिवर्तित होती है जब वह एक दूसरे की ओर, एक हाइड्रोजन अणु बनाते हुए, धीरे-धीरे अग्रसर होते हैं ?
2. (a) क्या सभी तत्त्व रासायनिक बंधन में अंतर्ग्रस्त होते हैं ?
   (b) हीलियम, नियॉन आँर्गान, क्रिप्टॉन व जीनॉन गैसों के रासायनिक निष्क्रिय अभिलक्षण व उनके इलेक्ट्रॉनिक विन्यासों से कौन-से निष्कर्ष निकाले जा सकते हैं ?
3. विभिन्न प्रकार के बंधनों का वर्णन कीजिए। प्रत्येक के दो उदाहरण दीजिए।
4. उन यौगिकों के सामान्य गुणों का वर्णन करिए जिनमें क्रमशः वैद्युत संयोजक व सहसंयोजक बंधन हों।
5. किसी सहसयोजक बंध के आयनी अभिलक्षण से आप क्या समझते हैं ? एक उदाहरण दीजिए।

अध्याय 12

उपचयन तथा अपचयन

हम पढ़ चुके हैं कि वह अभिक्रिया, जिसमें ऑक्सीजन किसी धातु या यौगिक के साथ अभिक्रिया करके एक ऑक्साइड बनाता है, उपचयन कहलाता है, उदाहरणत: मैग्नीशियम का वायु में प्रज्वलन, लोह पर जंग लगना व मेथेन का दहन (combustion of methane)। उपचयन की विरुद्ध अभिक्रिया को अपचयन कहते हैं। चलिए अब हम उपचयन तथा अपचयन के बारे में कुछ और ज्ञान अर्जित करने का प्रयास करें।

12.1 उपचयन क्या है ?

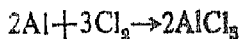
निम्न अभिक्रियाओं में ऑक्सीजन जो कि उपचयन अभिक्रिया संपादित करता है, उपचायक कहलाता है।

(1) $2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$ (मैग्नीशियम का उपचयन)

(2) $4Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$ (Fe का उपचयन)

(3) $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ (मेथेन का उपचयन)

एक व्यापक रूप में उपचयन पद को उन अनुरूपी अभिक्रियाओं, जिनमें अन्य अधात्विक तत्वों जैसे हैलोजन, सल्फर आदि भाग लेते हैं, को भी नामित करने में प्रयुक्त किया जा सकता है। उदाहरणत: जब क्लोरीन तत्व ऐल्यूमिनियम खरादन (turnings) पर प्रवाहित किया जाता है तब $AlCl_3$ का निरचन होता है।

$$2Al + 3Cl_2 \rightarrow 2AlCl_3$$

यह अभिक्रिया निम्न उपचयन अभिक्रिया के अनुरूपी (analogous) है।

$$4Al + 3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3$$

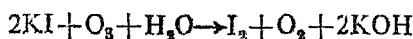
इस प्रकार, $AlCl_3$ के विरचन में यह माना जा सकता है कि Al का क्लोरीन द्वारा $AlCl_3$ में उपचयन हुआ है तथा क्लोरीन एक उपचायक है।

उपचयन पद के अन्तर्गत वह अभिक्रियाएं भी आती है जिसमें हाइड्रोजन व अन्य धात्विक तत्वों का निष्कासन (removal) या हानि होती है, क्योंकि ऑक्सीजन अथवा अन्य उपचायकों की उपस्थिति में ऐसा होता है। इस प्रकार निम्न अभिक्रिया में,

$$4NH_3+3O_2 \rightarrow 2N_2+6H_2O$$

NH_3 का N_2 में उपचयन होता है (हाइड्रोजन की हानि)

इसी प्रकार निम्न अभिक्रिया में,

$$2KI+O_3+H_2O \rightarrow I_2+O_2+2KOH$$

KI का I_2 में उपचयन होता है (धात्विक तत्व की हानि)

संक्षेप में उपचयन की परिभाषा उस अभिक्रिया के रूप में की जा सकती है जिसमें (i) ऑक्सीजन या (ii) अन्य अधात्विक तत्वों का योग या लाभ, व (iii) हाइड्रोजन का निष्कासन या हानि, या (iv) धात्विक तत्वों का निष्कासन या हानि होती हो।

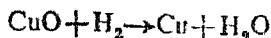
12.2 अपचयन क्या है ?

यह एक रासायनिक अभिक्रिया है जिसमें—

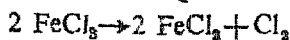
(i) ऑक्सीजन का निष्कासन या हानि (ii) अन्य अधात्विक तत्वों का निष्कास या हानि, होती हो। (iii) हाइड्रोजन का योग या लाभ (iv) धात्विक तत्वों का योग या लाभ, होता हो। वह पदार्थ जो कि अपचयन अभिक्रिया का संपादन करता है, अपचायक कहलाता है।

निम्न अपचायन अभिक्रियाओं के उदाहरण हैं :

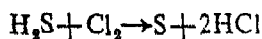
(1) जब हाइड्रोजन, तप्त कॉपर ऑक्साइड पर प्रवाहित किया जाता है, कॉपर विरचित होता है।

$$CuO+H_2 \rightarrow Cu+H_2O$$

(कॉपर ऑक्साइड का कॉपर में अपचयन होता है; ऑक्सीजन की हानि)

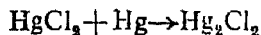
(2) फ़ैरिक क्लोराइड को जब तीव्रता से गरम किया जाता है तब वह आंशिक रूप से अपघटित होकर फेरस क्लोराइड देता है व क्लोरीन का निकास होता है।

$$2\ FeCl_3 \rightarrow 2\ FeCl_2+Cl_2$$

(फेरिक क्लोराइड का फेरस क्लोराइड में अपचयन होता है; अधात्विक तत्व की हानि)

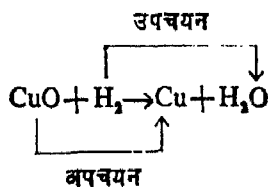
(3) जब क्लोरीन जल में H_2S का प्रवाह किया जाता है तब सल्फ़र अवक्षेपित हो जाता है।

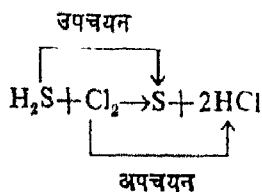
$$H_2S + Cl_2 \rightarrow S + 2HCl$$

(क्लोरीन का HCl में अपचयन होता है; हाइड्रोजन का योग)

(4) जब मर्क्यूरिक क्लोराइड ($HgCl_2$) को पारे के साथ गरम किया जाता है, मर्क्यूरस क्लोराइड (Hg_2Cl_2) बनता है।

$$HgCl_2 + Hg \rightarrow Hg_2Cl_2$$

($HgCl_2$ का Hg_2Cl_2 में अपचयन होता है; धात्विक तत्त्व का योग)

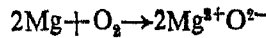
12.3 क्या उपचयन व अपचयन समकालिक अभिक्रियाएं हैं ?

यह बात ध्यान देने योग्य है कि उपचयन व अपचयन प्रक्रम सदैव एक साथ होते हैं। CuO व H_2 के मध्य अभिक्रियाओं पर विचार करें :

यह देखा जा सकता है कि जब CuO का Cu में अपचयन होता है, उसी समय H_2 का H_2O में उपचयन हो जाता है।

इसी प्रकार H_2S व Cl_2 के बीच अभिक्रिया में उपचयन व अपचयन समकालिक होते हैं।

इसलिए, उपचयन व अपचयन अभिक्रियाओं को उपचयन-अपचयन अथवा रेडॉक्स (redox) अभिक्रियाएँ कहते हैं।

12.4 उपचयन-अपचयन की इलेक्ट्रॉनिक संकल्पना क्या है ?

उपचयन व अपचयन की अभी तक विवेचित परिभाषाएँ कुछ सीमित-सी हैं। परमाणु संरचना के बारे में हमारे अर्जित ज्ञान से एक सामान्य परिभाषा प्राप्त हुई है। वैद्युत-संयोजक यौगिकों के लिए, उपचयन-अपचयन को इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरण प्रक्रमों के रूप में सुविधाजनक ढंग से समझा जा सकता है। चलिए हम उस उदाहरण पर पुनर्विचार करें जिसमें मैग्नीशियम का मैग्नीशियम ऑक्साइड में उपचयन दर्शाया गया था।

$$2Mg + O_2 \rightarrow 2Mg^{2+}O^{2-}$$

यह बात ध्यान देने योग्य है, MgO, (Mg^{2+}) (O^{2-}) के रूप में लिया गया है जो कि यह बताता है, कि इसमें आयन होते हैं Mg, Mg^{2+} व O, O^{2-} के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास निम्न विधि से संबंधित हैं।

दो इलेक्ट्रॉन खोता है

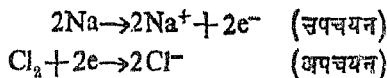
$$\underset{(2,\ 8,\ 2)}{Mg} \longrightarrow \underset{(2,\ 8)}{Mg^{2+}} + 2e^-$$

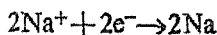
दो इलेक्ट्रॉनों का लाभ

$$\underset{(2,\ 6)}{O} + 2e^- \longrightarrow \underset{(2,\ 8)}{O^{2-}}$$

Mg परमाणु से O परमाणु को दो इलेक्ट्रॉनों के स्थानान्तरण से Mg^{2+} व O^{2-} प्राप्त होते हैं और इस प्रकार दोनों स्थायी निष्क्रिय गैस विन्यास पा लेते हैं। उपरोक्त उदाहरण में उपचयन-अपचयन समकालिक होते हैं, जब कि मैग्नीशियम, Mg^{2+} में उपचयित होता है, ऑक्सीजन का O^{2-} में अपचयन होता है। **उपचयन में इलेक्ट्रॉनों की हानि व अपचयन में इलेक्ट्रॉनों का लाभ होता है।**

यह तथ्य अन्य उदाहरणों द्वारा भी निदेशित किया जा सकता है। उदाहरण के लिए, सोडियम के क्लोरीन में डालने से सोडियम क्लोराइड का विरचन : $2Na + Cl_2 \rightarrow 2Na^+Cl^-$ यह उपचयन-अपचयन के संदर्भ में स्पष्ट किया जा सकता है।

$$2Na \rightarrow 2Na^+ + 2e^- \quad \text{(उपचयन)}$$
$$Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^- \quad \text{(अपचयन)}$$

उपरोक्त अभिक्रिया विपरीत दिशा में हो सकती है यदि एक ऐसे तंत्र में जिसमें Na^+ व Cl^- (जैसे संगलित सोडियम क्लोराइड में) उपस्थित हों, इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरण उत्क्रम्य दिशा में बलपूर्वक संपादित किया जाए।

$$2Na^+ + 2e^- \rightarrow 2Na$$
$$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$$

सोडियम आँयन का धात्विक सोडियम में अपचयन व Cl^- आयनों का क्लोरीन में उपचयन होता है। यह प्रक्रम विद्युत अपघटन के मध्य होता है। इसके बारे में आप आगे पढ़ेंगे। यह भी देखा गया है कि उपचयन-अपचयन प्रक्रम में उपचयन द्वारा खोए हुए इलेक्ट्रॉनों की संख्या अपचयन द्वारा पाए हुए इलेक्ट्रॉनों की संख्या के बराबर होती है।

12.5 उपचयन-अपचयन की इलेक्ट्रॉनिक संकल्पना में क्या कठिनाइयाँ हैं?

जब उपचयन-अपचयन के बारे में इलेक्ट्रॉनिक संकल्पना, सहसंयोजक यौगिकों, जो कि इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी से बनते हैं, पर लगाई जाती हैं तब कठिनाई सामने आती है। ऐसे दृष्टान्तों में उपचयन-अपचयन, उपचयन की संख्या की संकल्पना के आधार पर स्पष्ट किया जाता है। हम उच्चतर कक्षाओं में इस संकल्पना के बारे में पढ़ेंगे।

अभ्यास

1. उचित उदाहरण देते हुए उपचयन तथा अपचयन पदों की परिभाषा दीजिए।
2. एक ऐसी अभिक्रिया का उदाहरण दीजिए जिसमें उपचयन बगैर ऑक्सीजन के संपन्न होता है। इस अभिक्रिया का संतुलित समीकरण लिखिए।
3. यह प्रदर्शित करिए कि एक अभिक्रिया में उपचयन व अपचयन एक साथ ही होते हैं। दो उदाहरण देकर समझाइए।
4. इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरण के संदर्भ में उपचयन-अपचयन को समझाने में परमाणु संरचना के बारे में ज्ञान ने कितनी सहायता दी है? उस उपागम (approach) में क्या कठिनाइयाँ हैं?

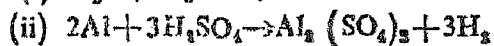
5. निम्न रासायनिक अभिक्रियाओं में अपचयित घटकों को बताइए—

(i) $H_2S + Cl_2 \rightarrow S + 2HCl$

(ii) $2Al + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_2$

(iii) $Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$

(iv) $2KI + Br_2 \rightarrow 2KBr + I_2$

अध्याय 13

तत्त्वों का आवर्ती वर्गीकरण

जैसे-जैसे तत्त्वों व उनके यौगिकों के आचरण के बारे में ज्ञान में वृद्धि हुई, उनके बारे में उपलब्ध सूचना को वर्गीकृत व व्यवस्थित रूप देने की अति आवश्यकता अनुभव हुई । इस समस्या ने उन्नीसवीं सदी के प्रारम्भ से ही वैज्ञानिकों का ध्यान आकर्षित किया ।

13.1 तत्त्वों के वर्गीकरण के हेतु प्रारंभिक प्रयास क्या थे ?

डोबराइनर (1829) ने सर्वप्रथम एक ऐसा सार्थक प्रयास किया जिसमें तत्त्वों के गुणों व उनके परमाणु द्रव्यमानों के मध्य एक संबंध प्रदर्शित किया गया । उन्होंने बताया कि समान रासायनिक गुणों वाले कुछ तत्त्व, **तीन के समूहों** (triad, त्रिक) में वर्गीकृत किए जा सकते हैं । जब किसी त्रिक के तत्त्व बढ़ते हुए परमाणु द्रव्यमानों के क्रम में व्यवस्थित किए गए, तब मध्य के सदस्य का परमाणु द्रव्यमान, अन्य दोनों के औसत के प्रायः सन्निकट रूप से बराबर होता है । उदाहरणतः क्लोरीन (35.5), ब्रोमीन (80.0), आयोडीन (126.9) एक ऐसा त्रिक बनाते हैं । परन्तु उस समय जितने तत्त्व ज्ञात थे वह सब त्रिकों में व्यवस्थित नहीं किए जा सकते थे ।

न्यूलैंड्स (1864) ने अगला गंभीर प्रयास किया । उन्होंने उस समय के ज्ञात तत्त्वों को परमाणु द्रव्यमानों के बढ़ते हुए क्रम के अनुसार व्यवस्थित किया और उन्होंने यह पाया कि हर आठवां तत्त्व, प्रथम तत्त्व से समानता प्रदर्शित करता है । (अष्टक नियम, Law of octaves) । उनके द्वारा बनाई गई सारणी निम्नलिखित है :

1	2	3	4	5	6	7
Li	Be	B	C	N	O	F
(7)	(9)	(11)	(12)	(14)	(16)	(19)
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
(23)	(24)	(27)	(28)	(31)	(32)	(35.5)
K	Ca					
(39)	(40)					

इस प्रकार सोडियम लिथियम से व क्लोरीन फ्लुओरीन से साम्यता प्रदर्शित करता है। यह वर्गीकरण उपरोक्त सारणी से आगे नहीं बढ़ पाया। परन्तु फिर भी इसने इस बात पर बल दिया कि तत्त्वों के गुणों व परमाणु द्रव्यमानों के क्रम के मध्य कोई व्यवस्थित संबंध होता है।

मैन्डेलीफ (1869) ने इस विचार को काफी हद तक और अधिक विकसित किया। इन्होंने तत्त्वों की एक सारणी तैयार की और इस सामान्यीकरण (generalisation) का प्रतिपादन किया **कि तत्त्वों के गुण, उनके परमाणु द्रव्यमानों के आवर्ती फलन** (periodic function) **होते हैं (आवर्त नियम,** Periodic Law)। इसलिए उनके द्वारा तैयार की हुई सारणी को आवर्त सारणी नाम दिया गया। मैन्डेलीफ ने तत्त्वों के गुणों में समानताओं पर अधिक बल दिया न कि उनके बढ़ते हुए परमाणु द्रव्यमानों के क्रम पर कोई दृढ़ रूप से निर्भर रहना। इस कारण कभी-कभी उनको आवर्त नियम से विचलित भी होना पड़ा। उन्होंने अपनी सारणी में काफ़ी रिक्त स्थान भी रखे। यह उन तत्त्वों के लिए थे जो उस समय ज्ञात नहीं थे परन्तु उन्हें आशा थी कि बाद में उनका आविष्कार होगा। उन्होंने तो इन तत्त्वों के गुणों की प्रायुक्ति भी की थी। यह तत्त्व बाद में खोजे गए और मैन्डेलीफ द्वारा उद्घोषित गुणों व बाद में यथार्थ रूप से प्रेक्षित गुणों में काफ़ी समानता पायी गई।

जिस समय, मैन्डेलीफ अपनी आवर्त सारणी की तैयारी कर रहे थे, लाथर मेयर ने भौतिक गुणों में आवर्तन (periodicity) की ओर ध्यान दिलाया, विशेषतः परमाणु द्रव्यमानों के फलन के रूप में परमाणु आयतन की ओर।

यद्यपि मैन्डेलीफ के वर्गीकरण से रासायनिक तत्त्वों के अध्ययन में बहुत प्रगति हुई परन्तु कुछ विसंगतियाँ (anomalies) रह गयीं जिनका कि स्पष्टीकरण नहीं किया गया। इसमें से कुछ निम्नलिखित हैं :

1. यद्यपि समस्थानिकों के रासायनिक गुण बिल्कुल एकसमान होते हैं परन्तु उनके परमाणु द्रव्यमानों में अंतर होता है। इनको आवर्त सारणी में पृथक स्थान नहीं दिया जा सकता।
2. जैसे-जैसे बिल्कुल सही परमाणु द्रव्यमानों का ज्ञान होने लगा, यह बोध हुआ कि कुछ तत्त्व जिनके परमाणु द्रव्यमान उच्चतर थे, अपने से कम परमाणु द्रव्यमान वाले तत्त्वों के पीछे रखे गए।

इससे यह आभास हुआ कि तत्त्वों के गुणों के अपेक्षित आवर्तन का आधार परमाणु द्रव्यमान न होकर उनका कोई अन्य मूलभूत गुण है।

13.2 तत्त्वों के आवर्त वर्गीकरण का आधुनिक आधार क्या है ?

आवर्त वर्गीकरण के सैद्धान्तिक आधार के बारे में सही ज्ञान प्राप्ति को परमाणु संरचना के अवबोध तक प्रतीक्षा करनी पड़ी। यह पाया गया कि परमाणु क्रमांक अर्थात् नाभिक पर धन आवेश, परमाणु द्रव्यमान की अपेक्षा आवर्त वर्गीकरण का बेहतर आधार है। इसके प्रयोग से उपरोक्त विसंगतियाँ भी दूर हो गयीं और इसने हमको आवर्त नियम का आधुनिक कथन प्रस्तुत किया—**अर्थात्, तत्त्वों के गुण उनके परमाणु क्रमांकों के आवर्त फलन हैं।**

तत्त्वों के वर्गीकरण में परमाणु क्रमांक का महत्व स्पष्ट हो जाता है जब हम यह याद करते हैं कि यह किसी तत्त्व के परमाणु में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की संख्या को भी निर्देशित करती है। इलेक्ट्रॉनों की व्यवस्था, विशेषतः संयोजकता कोश में इलेक्ट्रॉनों की संख्या ही, किसी तत्त्व के रासायनिक गुणों को तय करती है। इस संदर्भ में हम अध्याय 10 की सारणी 10.1 की ओर ध्यान दें। हम स्पष्ट रूप से देखते हैं कि जैसे-जैसे हम हाइड्रोजन से पोटैशियम की ओर अग्रसर होते हैं संयोजकता इलेक्ट्रॉनों की संख्या में आवर्तन होता है; हाइड्रोजन से हीलियम तक पहुँचने पर संयोजकता इलेक्ट्रॉन 1 से बढ़ कर 2 हो जाते हैं, लिथियम से नियॉन तक उनकी संख्या 1 से बढ़ कर 8 हो जाती है और सोडियम से आर्गान तक भी उनकी संख्या 1 से बढ़ कर 8 हो जाती है।

13.3 आवर्त सारणी

मेन्डेलीफ के समय से अब तक आवर्त सारणी के कई रूप प्रस्तावित किए जा चुके हैं।

सारणी 13.1

आवर्त सारणी का दीर्घ रूप

वर्ग →

संक्रमण तत्व ↓

I A	II A	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII	VIII	VIII	I B	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	O
H 1																H 1	He 2
Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104	Ha 105													

लैन्थनाइड श्रेणी →

Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71

एक्टीनाइड श्रेणी →

Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lw 103

सारणी 13.1 में आजकल प्रचलित सारणी, जिसको आवर्त सारणी का दीर्घ रूप (Long form of periodic table) कहते हैं, प्रदर्शित है।

इस आवर्त सारणी में 7 क्षैतिज पंक्तियाँ (horizontal rows) हैं जिनको **आवर्त** (periods) कहते हैं।

विभिन्न आवर्तों में तत्त्वों की संख्या निम्नलिखित है :

आवर्त	1	2	3	4	5	6	7
तत्त्वों की संख्या	2	8	8	18	18	32	32 बाक़ी सब तत्त्व

यह बात नोट करनी चाहिए कि आवर्त H, Li, Na, K आदि से प्रारंभ होते हैं। हम सारणी 10.1 (अध्याय 10) से देखते हैं कि इन तत्त्वों में प्रत्येक में एक नया कोश एक इलेक्ट्रॉन द्वारा भरने लगता है। प्रत्येक आवर्त का अन्तिम सदस्य एक निष्क्रिय गैस जैसे He, Ne, Ar आदि होता है, इनके संयोजकता कोशों में 8 इलेक्ट्रॉन होते हैं (प्रथम आवर्त को छोड़ कर जिसमें हीलियम के पास केवल दो इलेक्ट्रॉन हैं)।

इस सारणी में 18 खड़े कालम (vertical columns) हैं जिनको समूह कहते हैं। इन समूहों को IA से VIIA, IB से VIIB व VIII व ज़ीरो समूह कहते हैं। यद्यपि इस सारणी में 18 कालम हैं। समूहों की संख्या केवल 16 है। क्योंकि समूह VIII के तीन कालम हैं। किसी समूह में रखे तत्त्व एक प्रकार के रासायनिक गुण प्रदर्शित करते हैं।

वह सभी तत्त्व जिनकी परमाणु संख्या 58 से 71 तक व 90 से 103 तक होती हैं, सारणी के तल में पंक्तियों में रखे गये हैं। यह वर्गीकरण इस तथ्य पर बल देता है कि यह दोनों, तत्त्वों के ऐसे दो समूह बनाती हैं जिनके गुण बहुत कुछ समान होते हैं।

तत्त्वों के विभिन्न गुण, आवर्त सारणी में उनकी स्थिति के साथ, संबंधित किए जा सकते हैं।

अभ्यास

1. तत्त्वों के वर्गीकरण हेतु डबेराइनर व न्यूलैंड्स द्वारा किए प्रयास कितने सफल थे ?
2. मेन्डेलीफ द्वारा प्रस्तावित आवर्ती नियम क्या है ? मेन्डेलीफ वर्गीकरण की दो विसंगतियों को वर्णित करिए। तत्त्वों के आधुनिक आवर्ती वर्गीकरण में इन को कैसे दूर किया गया है ?

अध्याय 14

हैलोजन

आवर्त सारणी (Periodic Table) के समूह VII-A में नोबुल गैसों के ठीक पहले पूर्व हैलोजन का स्थान है। इन तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (configuration) व कुछ भौतिक गुण सारणी 14.1 में दिए गए हैं।

सारणी 14.1

हैलोजनों का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास व उनके कुछ भौतिक गुण

तत्व (Element)	संकेत (Symbol)	परमाणु क्रमांक (Atomic number)	इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (Electronic configuration) K L M N O P	क्वथनांक (Boiling point) °C	घनत्व (द्रव्य के लिए b.pt पर g/ml में)	भौतिक अवस्था व रंग
फ्लुओरीन	F	9	2 7	—187	1.696 (0°C पर)	हल्की पीली गैस
क्लोरीन	Cl	17	2 8 7	—34.6	3.214	हरित-पीत गैस
ब्रोमीन	Br	35	2 8 18 7	58.7	7.59	भूरा-लाल द्रव
आयोडीन	I	53	2 8 18 18 7	184	11.27	धूसर काला
ऐस्टैटीन	At	85	2 8 18 32 18 7			ठोस काला ठोस

अंतिम सदस्य, ऐस्टैटीन एक अस्थायी तत्त्व है। यह बात ध्यान देने योग्य है कि प्रत्येक तत्त्व के बाह्यतम (outermost) कोश (shell) में सात इलेक्ट्रॉन हैं। इसलिए हम यह आशा कर सकते हैं कि :

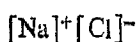
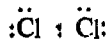
1. पूरे समूह में गुणों में समानताएँ होंगी, व
2. समूह में ऊपर से नीचे जाने पर गुणों के परिवर्तन में एक क्रम होगा।

14.1 हैलोजन अणुओं की प्रकृति व उनका आचरण क्या है ?

प्रत्येक तत्त्व में अपने समीपतम नोबुल गैस के स्थायी इलेक्ट्रॉनिक विन्यास की अपेक्षा एक कम इलेक्ट्रॉन होता है, अतएव हम यह आशा कर सकते हैं कि प्रत्येक तत्त्व के परमाणु आपस में एकल सहसंयोजक (single covalent) बंध द्वारा युग्म (pair) बना कर जुड़ सकते हैं। इस प्रकार वह द्विपरमाणुक (diatomic) अणु बनते हैं (अध्याय 11)। सत्य तो यह है कि वह F_2, Cl_2, Br_2 व I_2 के रूप में रह सकते हैं।

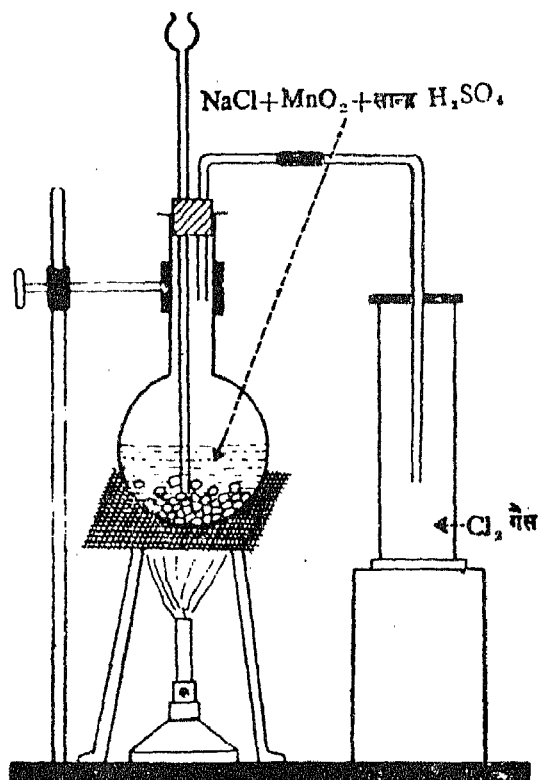
द्विपरमाणुक हैलोजन अणु अ-ध्रुवीय (non-polar) होते हैं जबकि जल के अणु निश्चित रूप से ध्रुवीय (polar) होते हैं। इस कारण जल में हैलोजन अणु का विसरण (dispersion) कठिन हो जाता है। इसलिए हैलोजनों की जल में निम्न विलेयता (solubility) ही होती है। वह कार्बन टेट्राक्लोराइड जैसे अ-ध्रुवीय विलायकों (solvents) में काफी अधिक विलेय (soluble) होते हैं।

14.2 हैलोजन से किन रासायनिक अभिक्रियाओं (chemical reactions) की प्रत्याशा की जा सकती है ?

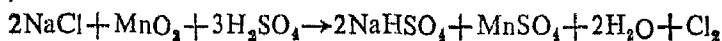
हैलोजन परमाणुओं के बाह्यतम (outermost) कोश में सात इलेक्ट्रॉन होते हैं। इसलिए वे स्थायी अष्टक (octet) विन्यास की प्राप्ति के लिए नीचे दिए हुए दो प्रकार के बंध आपस में संयोग कर बनाते हैं :

$[Na]^+[Cl]^-$	$:\ddot{\underset{..}{Cl}}:\ddot{\underset{..}{Cl}}:$
वैद्युत संयोजक बंध	सहसंयोजक बंध
(Electrovalent bond)	(Covalent bond)

यह आशा की जाती है कि हैलोजन, धातुओं से शीघ्रता से अभिक्रिया करके वैद्युत बंधों

द्वारा हैलाइडों का विरचन करेंगे। वह अ-धातुओं (non-metals) व यौगिकों के साथ भी सहसंयोजक बंधों द्वारा अभिक्रिया कर सकते हैं।

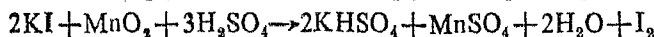
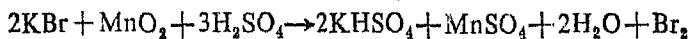
14.3 क्लोरीन, ब्रोमीन व आयोडीन हम कैसे बना सकते हैं ?

सोडियम क्लोराइड व मैंगनीज़ डाइऑक्साइड के एक मिश्रण को सांद्र (concentrated) सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ गरम करके क्लोरीन को बनाया जा सकता है। इस हरित-पीत गैस

चित्र 14.1 प्रयोगशाला में क्लोरीन गैस का बनाना

को हवा के उपरिमुखी विस्थापन (upward displacement) द्वारा एकत्रित किया जा सकता है (चित्र 14.1)।

$$2NaCl + MnO_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Cl_2$$

क्लोराइड के स्थान पर किसी ब्रोमाइड या आयोडाइड के प्रयोग से उपर्युक्त अभिक्रिया द्वारा ब्रोमीन व आयोडीन की प्राप्ति की जा सकती है।

$$2KBr + MnO_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Br_2$$

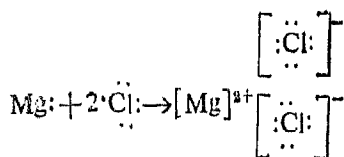
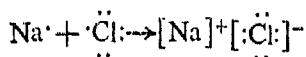
$$2KI + MnO_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + I_2$$

14.4 हैलोजनों की कुछ महत्त्वपूर्ण रासायनिक अभिक्रियाएँ क्या हैं ?

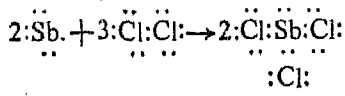
हैलोजनों में इलेक्ट्रॉन प्रग्रहण (capture) द्वारा हैलाइड आयन बनाने की तीक्ष्ण प्रवृत्ति होती है। यह गुण ऐसी कुछ रासायनिक अभिक्रियाओं का आधार बनता है जिनका कि विवरण नीचे दिया गया है।

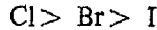
14.4-1 धातुओं के साथ अभिक्रियाशीलता (reactivity)

सोडियम व मैग्नीशियम जैसे धातु बहुत सक्रिय होते हैं और वह अपने इलेक्ट्रॉन, हैलोजनों को सुगमता से दे देते हैं। इस प्रकार तदनुरूपी हैलाइड बन जाते हैं।

$$Na\cdot + \cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \rightarrow [Na]^{+}[:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:]^{-}$$

$$Mg: + 2\cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \rightarrow [Mg]^{2+}\begin{bmatrix}:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:\end{bmatrix}^{-}\begin{bmatrix}:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:\end{bmatrix}^{-}$$

एन्टिमनी, जो कि कुछ कम सक्रिय धातु है सोडियम या मैग्नीशियम धातु की तुलना में इलेक्ट्रॉनों का त्याग सुगमता से नहीं करता; हैलोजनों के साथ सहसंयोजक बंध बनाता है।

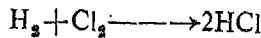
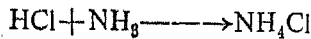
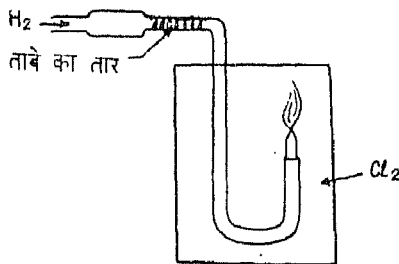
$$2:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Sb}}. + 3:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \rightarrow 2:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:\underset{:\underset{\cdot\cdot}{Cl}:}{\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Sb}}}:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:$$

उपर्युक्त अभिक्रियाएँ क्लोरीन गैस को (a) जलते हुए सोडियम, (b) जलते हुए मैग्नीशियम, (c) एन्टिमनी चूर्ण में प्रेरित करके पूर्ण की जा सकती हैं। यदि क्लोरीन के स्थान पर ब्रोमीन या आयोडीन वाष्प का प्रयोग किया जाए तब इसी प्रकार अभिक्रियाएँ होती हैं। तथापि, रासायनिक अभिक्रियाशीलता का क्रम होता है :

$$Cl > Br > I$$

14.4-2 हाइड्रोजन के संग अभिक्रियाशीलता

क्लोरीन के एक जार में जब शुद्ध हाइड्रोजन की जलती हुई एक प्रधार (jet) को नीचे ले जाया जाता है (चित्र 14.2) तब वह बराबर जलती रहती है और इस प्रकार हाइड्रोजन क्लोराइड का विरचन होता है। यदि गैस के जार के मुँह के समीप अमोनियम हाइड्रॉक्साइड में डूबी एक कांच-शलाका (glass rod) को लाया जाए, तब अमोनियम क्लोराइड का घना सफ़ेद धूम (fume) बनता है।

$$H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$$

हाइड्रोजन क्लोराइड

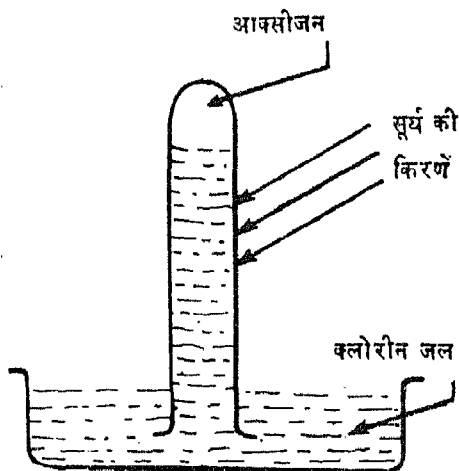
$$HCl + NH_3 \longrightarrow NH_4Cl$$

घना सफ़ेद धूम

चित्र 14.2 क्लोरीन में हाइड्रोजन गैस का प्रज्ज्वलन

क्लोरीन से भरे एक जार में, यदि गुनगुने तारपीन के तेल में डूबे एक फ़िल्टर-पत्र को डाला जाता है, तब कार्बन का गहरा काला धुआँ बन जाता है।

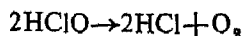
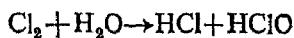
$$C_{10}H_{16} + 8Cl_2 \longrightarrow 10C + 16HCl$$
तारपीन

उपरोक्त अभिक्रियाएँ यह प्रदर्शित करती हैं कि क्लोरीन में हाइड्रोजन के प्रति तीव्र युयुक्षा (affinity) होती है।

14.4-3 हैलोजन उपचायक (oxidising agent) के रूप में; विरंजक गुण

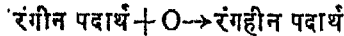
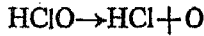
क्लोरीन गैस से भरे एक जार में यदि किसी फूल की एक गीली रंगीन पंखुड़ी डाली जाती है तब पंखुड़ी का रंग हल्का पड़ जाता है। जैसा कि नीचे समझाया गया है, क्लोरीन का विरंजक गुण उसकी उपचयन क्रिया पर आधारित है।

चित्र 14.3 क्लोरीन जल से ऑक्सीजन का निकास

क्लोरीन, जल के साथ अभिक्रिया करके हाइड्रोक्लोरिक व हाइपोक्लोरस अम्ल (HClO) बनाता है।

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HCl + HClO$$
$$2HClO \rightarrow 2HCl + O_2$$

हाइपोक्लोरस अम्ल अस्थायी होता है। इसके विघटन से नवजात (nascent) ऑक्सीजन

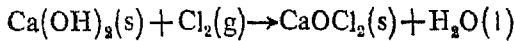
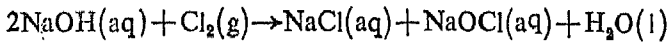
निकलता है (चित्र 14.3) जो कि वनस्पति रंग पदार्थ के साथ अभिक्रिया करके एक रंगहीन यौगिक बनाता है। एक छपा हुआ पृष्ठ, क्लोरीन द्वारा विरंजित नहीं हो सकता है क्योंकि नवजात ऑक्सीजन छापे की स्याही (कार्बन) के साथ अभिक्रिया नहीं करता है।

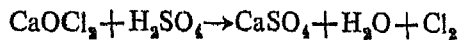
$$HClO \rightarrow HCl + O$$

रंगीन पदार्थ + O → रंगहीन पदार्थ

क्लोरीन गैस गीले लिटमस-पत्र को भी विरंजित करती है। (लिटमस एक रंगीन आर्गेनिक पदार्थ है)। पाद्य उद्गम (plant origin) की अन्य रंगीन सामग्रियों का भी क्लोरीन विरंजन करता है। ब्रोमीन भी विरंजन करता है परन्तु, आशानुसार, यह कम सुगमता से इस कार्य को करता है।

सोडियम हाइपोक्लोराइट NaOCl व विरंजक चूर्ण (bleaching powder) महत्त्वपूर्ण विरजक पदार्थ हैं। यह निम्न अभिक्रियाओं द्वारा बनाए जा सकते हैं :

$$2NaOH(aq) + Cl_2(g) \rightarrow NaCl(aq) + NaOCl(aq) + H_2O(l)$$

$$\underset{\text{बुझा चूना}}{Ca(OH)_2(s)} + Cl_2(g) \rightarrow \underset{\text{विरंजक चूर्ण}}{CaOCl_2(s)} + H_2O(l)$$

विरंजक चूर्ण एक शुद्ध यौगिक नहीं है। यह कैल्सियम क्लोराइड ($CaCl_2$) व कैल्सियम हाइपोक्लोराइट [$Ca(OCl)_2$] का एक मिश्रण होता है; इसमें कुछ अनभिक्ति (unreacted) बुझा चूना भी मिला होता है। इस प्रकार विरंजक चूर्ण का सूत्र $CaOCl_2$ प्रतीत होता है। यह तनु सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ अभिक्रिया करने पर क्लोरीन देता है।

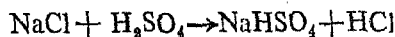
$$CaOCl_2 + \underset{\text{तनु}}{H_2SO_4} \rightarrow CaSO_4 + H_2O + Cl_2$$

हाइड्रोजन क्लोराइड

14.5 हाइड्रोजन क्लोराइड का विरचन कैसे होता है ?

चित्र 14.1 के अनुसार प्रयोगशाला में हाइड्रोजन क्लोराइड का विरचन किया जा सकता है।

फ्लास्क में रखे सोडियम क्लोराइड में सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल धीमे-धीमे मिलाया जाता

है व उसके बाद उसको सावधानी से गरम किया जाता है। जनित हाइड्रोजन क्लोराइड गैस, चित्र 14.1 के अनुसार प्रदर्शित विधि द्वारा, एकत्रित की जाती है।

$$NaCl + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HCl$$

14.6 हाइड्रोजन क्लोराइड के गुण क्या हैं ?

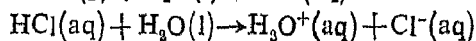
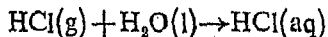
हाइड्रोजन क्लोराइड एक रंगहीन, तीक्ष्ण गंधयुक्त गैस है व यह हवा से भारी है। जल में यह अतिविलेय है (सामान्य ताप पर 1 मिली जल में गैस के 450 मिली विलेय हैं)। जल में इसकी अतिविलेयता को प्रदर्शित करने के लिए एक रोचक प्रयोग किया जा सकता है।

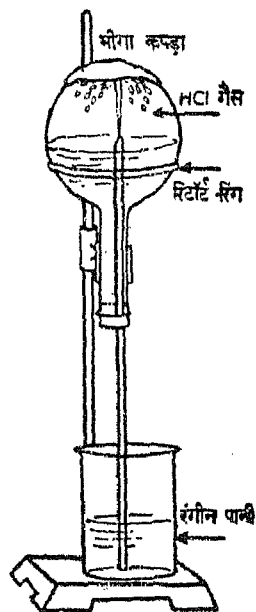
एक सूखे गोल पेंदी वाले फ्लास्क को हाइड्रोजन क्लोराइड गैस से भर दिया जाता है। चित्र 14.4 में प्रदर्शित उपकरण (apparatus) सुसज्जित कर दिया जाता है। शीतल जल में डूबे कपड़े के टुकड़े को जब उल्टे फ़्लास्क पर रखा जाता है तब बीकर में रखा रंगीन घोल फ़्लास्क में चढ़ जाता है और शीघ्र ही यह फ़्लास्क में एक फव्वारे के रूप में प्रवेश कर जाता है। इसका कारण यह है कि शुरू में जल की कुछ बूंदें फ़्लास्क के हाइड्रोजन क्लोराइड को विलेय कर लेती हैं और इस प्रकार फ़्लास्क के अंदर आंशिक निर्वात (partial vacuum) बन जाता है।

चित्र 14.4. फ़व्वारे का प्रयोग

जल में हाइड्रोजन क्लोराइड का विलयन प्रबल रूप से अम्लीय होता है और इसको हाइड्रोक्लोरिक अम्ल कहते हैं। जलीय (aqueous) हाइड्रोजन क्लोराइड का विघटन हो जाता है और इस प्रकार हाइड्रोजन आयनों व क्लोराइड आयनों का जनन होता है। जल से हाइड्रोजन आयन $H_3O^+(aq)$ के रूप में रहते हैं। उनका विरचन निम्नलिखित समीकरणों द्वारा समझाया गया है :

$$HCl(g) + H_2O(l) \rightarrow HCl(aq)$$

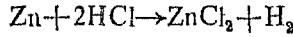
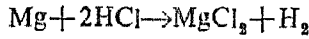
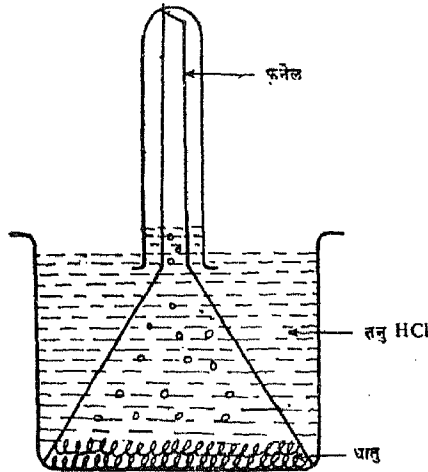
$$HCl(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

अतएव, हाइड्रोजन क्लोराइड का जलीय विलयन निम्न गुण प्रदर्शित करता है :

1. यह नीले लिटमस को लाल करता है।

2. यह कुछ धातुओं के साथ अभिक्रिया करता है जिसमें कि हाइड्रोजन का तेजी से निकास होता है व तदनुरूपी लवणों का विरचन होता है।

चित्र 14.5 में प्रदर्शित एक उपकरण में मैग्नीशियम, अल्यूमिनियम, जिंक व लौह जैसी धातुओं की हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से अभिक्रिया करायी जा सकती है। जनित गैस को एकत्रित किया जा सकता है व हाइड्रोजन के लिए परीक्षण किया जा सकता है।

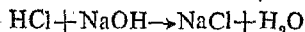
$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

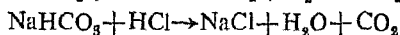
जिंक
क्लोराइड

$$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$$

मैग्नीशियम
क्लोराइड

चित्र 14.5 धातुओं द्वारा हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से हाइड्रोजन का विस्थापन

यदि ताँबा जैसी धातु ली जाय तब कोई भी अभिक्रिया नहीं होगी। इसका कारण है ताँबे का हाइड्रोजन से कम अभिक्रियाशील होना; यह हाइड्रोजन आयनों को इलेक्ट्रॉन का दान नहीं करता जिससे वह हाइड्रोजन बना सकें।

3. जलीय हाइड्रोक्लोरिक अम्ल, क्षार (alkalies) को उदासीन करता है।

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

4. यह कार्बोनेटों व बाइकार्बोनेटों का अपघटन करता है और संग में कार्बन डाइ-ऑक्साइड का शीघ्रता से निकास करता है।

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$
$$NaHCO_3 + HCl \rightarrow NaCl + H_2O + CO_2$$

हाइड्रोब्रोमिक अम्ल व हाइड्रोआयोडिक अम्ल भी उपरोक्त गुण प्रदर्शित करते हैं। अधिकांश धात्विक हैलाइड, अर्थात् क्लोराइड, ब्रोमाइड व आयोडाइड जल में विलेय होते हैं पर सिल्वर हैलाइड व मर्क्यूरस हैलाइड अविलेय होते हैं।

14.7 प्रकृति में हैलोजन किस रूप में पाए जाते हैं ?

हम पढ़ चुके हैं कि हैलोजन काफी अभिक्रियाशील होते हैं। इस तथ्य के कारण हैलोजन, प्रकृति में मुक्त अवस्था में कभी नहीं पाए जाते हैं। वह केवल यौगिकों के रूप में पाए जाते हैं। हम यह भी जानते हैं कि अधिकांश धात्विक हैलाइड जल में विलेय होते हैं। अतएव इन यौगिकों की बड़ी मात्रा जल में घुलकर समुद्रों में जमा हो गयी है। सागर-जल में सोडियम व मैग्नीशियम के क्लोराइड, ब्रोमाइड व आयोडाइड घुले रहते हैं। समुद्री जल के एक औसत नमूने में प्राय: 1.5 प्रतिशत क्लोरीन, 0.015 प्रतिशत ब्रोमीन व 0.001 प्रतिशत आयोडीन रहता है।

बहुत-सी बड़ी अंतःस्थलीय (inland) खारी झीलें भी होती हैं जिनमें घुले हुए हैलाइड होते हैं। राजस्थान की सुप्रसिद्ध सांभर झील इनमें से एक है। इसके अतिरिक्त कुछ स्थानों पर बड़े लवण संस्तर निक्षेप (salt bed deposits) भी पाए जाते हैं। यह शायद तब बने थे जब कि प्रागैतिहासिक (prehistoric) सागरों का वाष्पन हुआ।

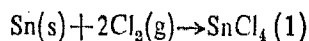
मानवों के आमाशय-रस (gastric juice) में मुक्त हाइड्रोक्लोरिक अम्ल थोड़ी-सी मात्रा (0.2 से 0.4 प्रतिशत) में व अन्य जन्तुओं के आमाशय-रस (कुत्तों में 3%) में भी पाया जाता है।

तीनों हैलोजनों में आयोडीन की बहुलता सब से कम होती है। कुछ गहरे जल वाले समुद्री शैवालों (sea weeds) में इतना आयोडीन होता है कि इनको औद्योगिक निर्माण के स्रोत के रूप में प्रयोग में लाया जा सकता है। आयोडीन, सोडियम व पोटैशियम आयोडेटों के रूप में भी पाया जाता है जो कि चिली (दक्षिण अमरीका) में पाए गए सोडियम नाइट्रेट (कालीचे=caliche) के बृहत निक्षेपों में अशुद्धि के रूप में उपस्थित रहते हैं।

14.8 हैलोजनों का किस कार्य में उपयोग होता है ?

उद्योग में क्लोरीन की एक बड़ी मात्रा विरंजन कार्य के लिए प्रयुक्त होती है। इस कार्य के लिए द्रव क्लोरीन अथवा सोडियम हाइपोक्लोराइट विलयन अथवा विरंजक चूर्ण का प्रयोग किया जा सकता है। शहरों में इस्तेमाल के लिए जल को, क्लोरीन अथवा उपरोक्त यौगिकों द्वारा उपचार करके, विसंक्रमित (disinfect) किया जाता है।

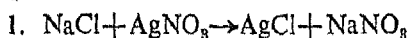
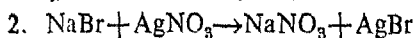
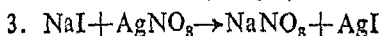
पुरानी टिन की चद्दरों से बहुमूल्य टिन की पुनः प्राप्ति के लिए भी क्लोरीन का प्रयोग किया जाता है। क्लोरीन गैस टिन के साथ अभिक्रिया करके एक वाष्पशील (volatile) द्रव क्लोराइड बनाता है जिसको कि आसवन (distillation) द्वारा पृथक कर लिया जाता है।

$$Sn(s) + 2Cl_2(g) \rightarrow SnCl_4\ (1)$$

आजकल अयस्कों (ores) का क्लोरिनीकरण भी एक सामान्य व्यवहार है। उदाहरणत: टाइटेनियम, जरेमिनियम व जिरकोनियम जैसी धातुएँ, जिनके क्लोराइड वाष्पशील हैं, क्लोरीन के प्रयोग द्वारा निष्कर्षित (extracted) की जाती हैं। बहुत से अति उपयोगी प्लास्टिक (उदाहरणत:, पॉली वाइनिल क्लोराइड, ऑर्गेनिक क्लोरीन) यौगिक हैं। इसी प्रकार कुछ प्रति-रोधी (antiseptic) व कीटनाशी (insecticides) (उदाहरणत: बेंजीन हेक्साक्लोराइड व डीडीटी) भी क्लोरीन यौगिक हैं। कुछ क्लोरीन यौगिक रासायनिक-युद्ध में काम में लाए जाते हैं।

ब्रोमीन के यौगिक, ब्रोमाइड के रूप में औषधि विज्ञान में शामक (sedative) में प्रयुक्त होते हैं। ब्रोमीन कुछ रंजकों (dyes) के निर्माण में भी प्रयुक्त होता है। सिल्वर ब्रोमाइड का फोटोग्राफी में प्रयोग होता है।

आयोडीन का रंजकों व औषधीय रसायनों (pharmaceutical chemicals) के निर्माण में प्रयोग होता है। बहुत-से पौधों व जीवों के जीवन के लिए आयोडीन अनिवार्य है। भोजन में आयोडीन की न्यूनता कुछ प्रकार के गलगण्डों (goitre) के लिए उत्तरदायी मानी जाती है। मानव शरीर में आयोडीन की सर्वाधिक सांद्रता थाइराइड ग्रन्थि (gland) में पाई जाती है। ऐल्कोहॉल में आयोडीन का दो प्रतिशत विलयन जिसमें कि थोड़ा-सा पोटैशियम आयोडाइड भी होता है, टिंक्चर-आयोडीन के नाम से बिकता है। सिल्वर आयोडाइड फोटोग्राफी में प्रयोग होता है।

14.9 हैलाइडों में क्लोराइडों, ब्रोमाइडों व आयोडाइडों का परीक्षण कैसे किया जाता है ?

तीन ऐसी परख-नलिकाएँ (test tubes) ली जाती हैं जिनमें से एक में सोडियम क्लोराइड का जलीय विलयन, दूसरे में सोडियम ब्रोमाइड का व तीसरे में सोडियम आयोडाइड का विलयन होता है। प्रत्येक में सिल्वर नाइट्रेट विलयन की कुछ बूंदे मिलायी जाती हैं। विभिन्न रंगों के अवक्षेप (precipitate) प्राप्त होते हैं इन अभिक्रियाओं के समीकरण निम्नलिखित हैं :

1. $NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl + NaNO_3$
   सिल्वर क्लोराइड एक सफेद अवक्षेप होता है व प्रकाश में इसका रंग काला होने लगता है। यह अवक्षेप तनु नाइट्रिक अम्ल में अविलेय परन्तु अमोनियम हाइड्रॉक्साइड में विलेय होता है।
2. $NaBr + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgBr$
   सिल्वर ब्रोमाइड एक हल्के पीले रंग का अवक्षेप होता है और यह तनु नाइट्रिक अम्ल तथा अमोनियम हाइड्रॉक्साइड दोनों में अविलेय होता है।
3. $NaI + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgI$
   सिल्वर आयोडाइड एक ऐसा पीला अवक्षेप होता है जो तनु नाइट्रिक अम्ल तथा अमोनियम हाइड्रॉक्साइड दोनों में अविलेय होता है।

अभ्यास

1. (a) क्लोरीन व ब्रोमीन के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए।
   (b) उपरोक्त तत्त्वों में से प्रत्येक के पास निकटतम नोबुल गैस संरचना से कितने इलेक्ट्रॉनों की कमी है।
   (c) क्लोरीन व ब्रोमीन किस विधि से एक स्थायी इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त कर सकते हैं ?
2. क्लोरीन अणु की इलेक्ट्रॉनिक संरचना लिखिए। हाइड्रोजन अणु की संरचना से इसकी क्या समानता है ?

3. प्रयोगशाला में क्लोरीन के विरचन में प्रयुक्त उपकरण का एक चिह्नित चित्र बनाइए। इस विरचन के अभिकारक कौन-से हैं ? अभिक्रिया के लिए संतुलित समीकरण दीजिए।
4. उन तीन धातुओं के नाम दीजिए जो क्लोरीन के साथ अभिक्रिया करेंगी। इनमें से प्रत्येक धातु किन परिस्थितियों में अभिक्रिया करेगी ? अभिक्रिया के लिए समीकरण दीजिए।
5. कुछ ऐसे पदार्थों के नाम दीजिए जो कि विरंजन हेतु प्रयोग किए जा सकते हैं। उनके अणु सूत्र लिखिए।
6. क्या होता है जब सोडियम क्लोराइड को सांद्र सल्फ़्यूरिक अम्ल के साथ गरम किया जाता है ? इस अभिक्रिया का समीकरण लिखिए।
7. 'फ़व्वारे के प्रयोग' में हाइड्रोजन क्लोराइड गैस से भरे फ़्लास्क में जल क्यों तेज़ी से घुस जाता है ? यदि इस प्रयोग में हाइड्रोजन क्लोराइड के स्थान पर ऑक्सीजन से भरे फ़्लास्क लिए जाएँ क्या तब भी जल तेज़ी से प्रवेश करेगा ?
8. हाइड्रोजन क्लोराइड का एक जलीय विलयन कैसे अभिक्रिया करता है :
   (1) नीले लिटमस के साथ (2) कास्टिक सोडा विलयन के साथ (3) कैल्सियम कार्बोनेट के साथ (4) मैग्नीशियम के साथ ?
9. क्लोरीन, ब्रोमीन व आयोडीन के उपयोगों का वर्णन करिए।
10. आपको सोडियम क्लोराइड, सोडियम ब्रोमाइड व सोडियम आयोडाइड के जलीय विलयन दिए गए हैं। प्रत्येक में सिल्वर नाइट्रेट विलयन मिलाया जाए तब क्या होगा ?

अध्याय 15

ऑक्सीजन व सल्फ़र

ऑक्सीजन गैस वायु का वह अंश है जो कि दहन में सहायता करता है और जो जीवन के लिए अनिवार्य है। सल्फ़र, जो कि एक पीला ठोस है, पौधों व जन्तुओं में पाए गए बहुत से पदार्थों से संबंधित है। यह प्याज, लहसुन, सरसों, अंडे के प्रोटीन, बाल, ऊन व बहुत से तेलों में उपस्थित रहता है। यह एक फफूंदनाशी (fungicide) के रूप में व बारूद बनाने में प्रयुक्त होता है। इस प्रकार, ऑक्सीजन व सल्फ़र दोनों ही हमारे दैनिक जीवन में एक महत्त्वपूर्ण भूमिका रखते हैं।

ऑक्सीजन व सल्फ़र, आवर्त सारणी के वर्ग VI-A के प्रथम दो तत्त्व हैं। सारणी 15.1 में इनके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास व कुछ भौतिक गुणों की इस वर्ग के कुछ अन्य तत्त्वों से तुलना की गई है।

सारणी 15.1

वर्ग VI-A के तत्त्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास व भौतिक गुण

तत्त्व	संकेत	परमाणु क्रमांक	इलेक्ट्रॉनिक विन्यास K L M N O P	भौतिक अवस्था	क्वथनांक (°C)	आपेक्षिक घनत्व
ऑक्सीजन	O	8	2 6	गैस	—183.0	1.14 (—182.96°C पर)
सल्फ़र	S	16	2 8 6	ठोस	444.6	2.07 (समचतुर्भुज)
सिलीनियम	Se	34	2 8 18 6	ठोस	685	4.79 (भूरा)
टल्यूरियम	Te	52	2 8 18 18 6	ठोस	987	6.25 (20°C पर)
पोलोनियम	Po	84	2 8 18 32 18 6	ठोस	—	—

15.1 ऑक्सीजन व सल्फ़र किस प्रकार के तत्व हैं ?

ऑक्सीजन व सल्फ़र तत्वों के उस परिवारों के सदस्य हैं जिनके कि बाह्यतम कोशों में छः इलेक्ट्रॉन (संयोजकता इलेक्ट्रॉन) होते हैं। पिछले अध्याय में हमने देखा था कि हैलोजनों के भौतिक गुण व रासायनिक अभिक्रियाशीलता उनके परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनिक विन्यासों से संबंधित हैं। यह तथ्य ऑक्सीजन, सल्फ़र व VI-A वर्ग के अन्य सदस्यों पर भी लागू है।

ऑक्सीजन व सल्फ़र के परमाणुओं में अपने से अग्रिम नोबुल गैसों, नियॉन व आर्गन के स्थायी इलेक्ट्रॉनिक विन्यास से दो इलेक्ट्रॉनों की कमी है। दूसरे प्रकार से विचारने से यह कहा जा सकता है कि उनमें पूर्वगामी नोबुल गैसों, हीलियम व नियॉन (अध्याय 10) के स्थायी इलेक्ट्रॉनिक विन्यासों की अपेक्षा छः इलेक्ट्रॉन अधिक हैं। ऑक्सीजन व सल्फ़र के लिए ऊर्जा के आधार पर स्थायी विन्यास की प्राप्ति हेतु दो इलेक्ट्रॉनों का लाभ छः की हानि की अपेक्षा सरल है।

ऑक्सीजन व सल्फ़र के अणुओं में समान परमाणु सहसंयोजक (covalent) बंधों द्वारा जुड़े रहते हैं। अतएव, ऑक्सीजन व सल्फ़र अध्रुवीय पदार्थ हैं।

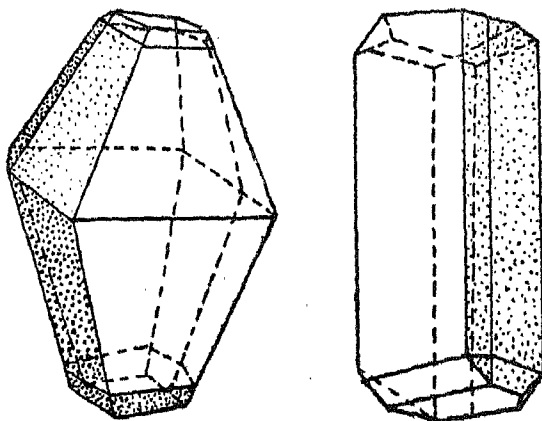
ऑक्सीजन एक रंगहीन गैस है, जो कि —183°C पर द्रवित होकर एक हल्के नीले द्रव में तथा —219°C पर जम कर एक बर्फ़ीलि सफ़ेद ठोस में बदल जाती है। सल्फ़र एक हल्का पीत वर्ण ठोस है जो कि आसानी से द्रवित (melt) होता है व उबलता है।

यह एक रुचिपूर्ण तथ्य है कि जबकि ऑक्सीजन (परमाणु संख्या 8) एक गैस है, सल्फ़र (परमाणु संख्या 16) एक ठोस है। हैलोजन समूह में तदनुरूपी स्थितियों के लिए, भौतिक अवस्था में इतना एकाएक परिवर्तन नहीं दिखायी पड़ता है। इस अन्तर का स्पष्टीकरण उनकी परमाणुकता (atomicity), अर्थात् एक अणु में परमाणुओं की संख्या, के आधार पर किया जा सकता है। ऑक्सीजन के अणु में दो परमाणु हैं जब कि सल्फ़र के अणु में आठ परमाणु होते हैं। परमाणुकता, ऑक्सीजन व सल्फ़र के अन्य भौतिक गुणों के अन्तरों के स्पष्टीकरण हेतु प्रयोग में लायी जा सकती है।

हैलोजनों की तरह, ऑक्सीजन व सल्फ़र अध्रुवीय होने के कारण जल में निम्न विलेयता वाले तत्त्व हैं। 15°C व 760 मिमी दाब पर एक लीटर जल में ऑक्सीजन की विलेयता 32.2 मिली है। जल में ऑक्सीजन की यह थोड़ी-सी मात्रा जलीय जीवन (aquatic life) के लिए अनिवार्य है। यद्यपि ऑक्सीजन अध्रुवीय विलायकों में अविलेय है इसकी तुलना में सल्फ़र अध्रुवीय विलायक, जैसे कार्बन डाइसल्फ़ाइड, में सुगमता से घुल जाता है।

15.2 सल्फ़र के विभिन्न रूप क्या हैं ?

सामान्य ताप पर सल्फ़र एक हल्का पीत वर्ण व गंधहीन ठोस है। ठोस सल्फ़र के तीन रूप हो सकते हैं—समचतुर्भुज (rhombic), एकनत (monoclinic) व प्लास्टिक (अक्रिस्टलीय non-crystalline)। यह नीचे दिए विवरण के अनुसार बनाए जा सकते हैं।

एक परखनली में कुछ सल्फ़र-फूल शुद्ध कार्बन डाइसल्फ़ाइड के साथ दो से तीन मिनट तक हिलाये जाते हैं और फिर निस्यंदित (filter) कर दिए जाते हैं। निस्यंदन (filtrate) को कुछ समय तक रख दिया जाता है जिससे कि कार्बन डाइसल्फ़ाइड का वाष्पन हो सके। (कार्बन डाइसल्फ़ाइड अति प्रज्ज्वलनशील (inflammable) होता है, कोई भी लौ इसके पास नहीं लानी चाहिए। इस प्रकार समचतुर्भुज सल्फ़र के क्रिस्टल प्राप्त हो जाते हैं [चित्र 15.1 (a)] इनका गलन 112.8°C पर होता है।

(a) समचतुर्भुज सल्फ़र (b) एकनत सल्फ़र

चित्र 15.1 सल्फ़र के अपररूप

कुछ सल्फ़र-फूल एक पोर्सिलेन तश्तरी में गलाए जाते हैं। द्रव सल्फ़र को धीरे-धीरे ठंडा होने दिया जाता है जिससे कि उसकी सतह पर एक ठोस पपड़ी बन सके। एक शीशे की छड़ की सहायता से पपड़ी में एक छेद कर दिया जाता है और द्रव सल्फ़र को इसी छेद से बाहर

निकाल दिया जाता है। पोर्सिलेन तश्तरी में एकनत सल्फ़र के सूच्याकार (needle shaped) क्रिस्टल बन जाते हैं [चित्र 15.1 (b)]। इनका गलनांक 119.3°C है।

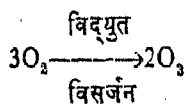
एक क्वथन-नली (boiling tube) में कुछ सल्फ़र-फूल गरम किए जाते हैं। यह पाया गया है कि पिघला हुआ सल्फ़र अपने गलनांक के ठीक ऊपर हल्के पीले रंग का होता है। अधिक गरम करने पर द्रव गहरे रंग का और अधिक श्यान (viscous) हो जाता है। श्यानता (viscosity) में यह अधिकता कुछ-कुछ अप्रत्याशित है। और अधिक गरम करने पर द्रव पुनः कम गाढ़ा हो जाता है और फिर उबलने लगता है। गहरे भूरे रंग का पतला द्रव शीघ्रता से ठंडा होने के लिए जल में डाल दिया जाता है। इस प्रकार प्राप्त ठोस सल्फ़र सुघट्य (plastic) होता है। इसको खींचा जा सकता है और इसीलिए इसको सुघट्य सल्फ़र कहते हैं।

तीनों अपररूपों में समचतुर्भुज सल्फ़र ही सबसे स्थायी होता है। सामान्य ताप पर रखने पर अन्य अपररूप धीरे-धीरे समचतुर्भुज सल्फ़र में बदल जाते हैं।

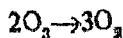
जब एक तत्व एक ही भौतिक अवस्था में परंतु विभिन्न गुणों वाले एक से अधिक रूपों में रह सकता है तब इस परिघटना (phenomenon) को अपररूपता (allotropy) कहते हैं। उस तत्व के विभिन्न रूप, उसके अपररूप कहलाते हैं।

15.3 क्या ऑक्सीजन भी अपररूपता प्रदर्शित करती है ?

ऑक्सीजन गैस में एक उच्च विभव विद्युत-विसर्जन (high voltage electric discharge) प्रवाहित करने से गैस में एक गंध आने लगती है। यह रासायनिक रूप से अधिक अभिक्रियाशील भी हो जाती है। ओज़ोन नामक यह अभिक्रियाशील गैस, ऑक्सीजन का एक अपररूप है। इस प्रक्रम द्वारा प्रायः 3% ऑक्सीजन गैस, ओज़ोन में रूपांतरित हो जाती है।

$$3O_2 \xrightarrow[\text{विसर्जन}]{\text{विद्युत}} 2O_3$$

वायुमण्डल की ऊपरी परतों में ओज़ोन का एक उच्च प्रतिशत होता है। यह परत हमारे लिए बहुत महत्त्वपूर्ण है क्योंकि ओज़ोन कॉस्मिक विकिरणों (cosmic radiations) के काफ़ी भाग का अवशोषण कर लेता है अन्यथा यह विकिरण पृथ्वी पर रहने वाले जीवों के लिए हानिकारक होते। इस प्रकार ऊपरी वायुमण्डल की ओज़ोन-परत द्वारा इन विकिरणों के अति अधिक

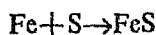
प्रभवन (exposure) से हमारी रक्षा हो जाती है। ओज़ोन काफी अस्थायी है और यह ऑक्सीजन में पुनः अपघटित हो जाती है।

$$2O_3 \rightarrow 3O_2$$

15.4 ऑक्सीजन व सल्फ़र की रासायनिक अभिक्रियाएं क्या हैं ?

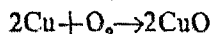
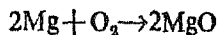
ऑक्सीजन व सल्फ़र (1) धातु, (2) कार्बन, तथा (3) हाइड्रोजन से अभिक्रिया करते हैं व तदनुरूपी ऑक्साइड अथवा सल्फ़ाइड बनाते हैं।

धातुओं के साथ अभिक्रिया : यदि (a) लोह-चूरा (iron filings) व सल्फ़र, अथवा (b) कॉपर खरादन (copper turnings) व सल्फ़र के एक मिश्रण को गरम किया जाए तब एक अभिक्रिया होती है जिसमें (a) लोह सल्फ़ाइड, अथवा, (b) कॉपर सल्फ़ाइड का विरचन होता है।

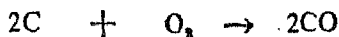
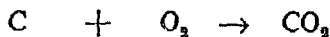
$$Fe + S \rightarrow FeS$$

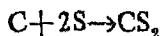
$$2Cu + S \rightarrow Cu_2S$$

हम पहले ही जानते हैं कि यदि धातुओं को ऑक्सीजन में गरम किया जाता है तब वह ऑक्साइड बनाते हैं।

$$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$$

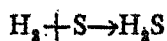
$$2Cu + O_2 \rightarrow 2CuO$$

कार्बन के साथ अभिक्रिया : हमें यह ज्ञात है कि उच्च ताप पर ऑक्सीजन, कार्बन के साथ अभिक्रिया करके कार्बन मोनोऑक्साइड अथवा कार्बन डाइऑक्साइड देता है।

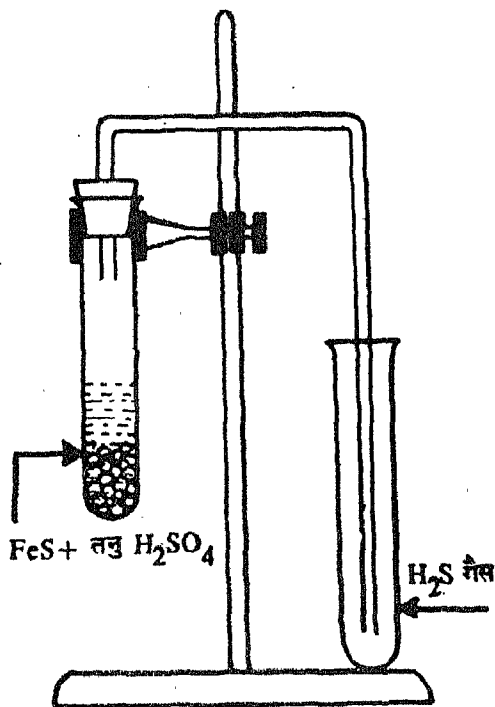
$$\underset{\text{(आधिक्य)}}{2C} + O_2 \rightarrow 2CO$$

$$C + \underset{\text{(आधिक्य)}}{O_2} \rightarrow CO_2$$

सल्फ़र, ऑक्सीजन के समान अभिक्रियाशील नहीं है। तथापि, यह भी उच्च ताप पर कार्बन के साथ संयोजन करता है व कार्बन डाइसल्फ़ाइड बनाता है।

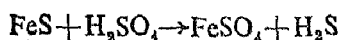
$$C + 2S \rightarrow CS_2$$

हाइड्रोजन के साथ अभिक्रिया : हम जानते हैं कि ऑक्सीजन, हाइड्रोजन के साथ जुड़ कर जल बनाता है। सल्फ़र भी हाइड्रोजन के संग अभिक्रिया करता है परंतु ऑक्सीजन की अपेक्षा

कम सुगमता से। जब हाइड्रोजन गैस उबलते सल्फ़र में प्रवाहित की जाती है तब थोड़ी हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस बनती है।

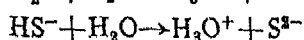
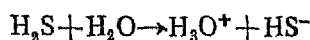
$$H_2 + S \rightarrow H_2S$$

15.5 हाइड्रोजन सल्फ़ाइड हम कैसे बना सकते हैं ?

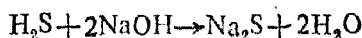
एक परखनली में कुछ लौह सल्फाइड लिया जाता है और तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल इसमें मिला दिया जाता है। चित्र 15.2 के अनुसार उपकरण की व्यवस्था कर दी जाती है। हाइड्रोजन सल्फ़ाइड गैस में सड़े अंडों की गंध होती है। यह जल में विलेय तथा हवा से भारी

चित्र 15.2 लौह सल्फ़ाइड से हाइड्रोजन सल्फ़ाइड का विरचन

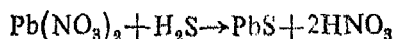
होती है। अतएव चित्रानुसार यह हवा के उपरिविस्थापन (upward displacement) द्वारा एकत्रित की जाती है।

$$FeS + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2S$$

15.6 हाइड्रोजन सल्फ़ाइड के क्या गुण हैं ?

हाइड्रोजन सल्फ़ाइड का जल में आयतन होता है और इससे हाइड्रोनियम आयन मिलते हैं।

$$H_2S + H_2O \rightarrow H_3O^+ + HS^-$$
$$HS^- + H_2O \rightarrow H_3O^+ + S^{2-}$$

हाइड्रोनियम आयनों के कारण हाइड्रोजन सल्फ़ाइड का जलीय विलयन एक अम्ल की तरह व्यवहार करता है। यह नीले लिटमस को लाल करता है और क्षारों को उदासीन करके तदनुरूपी लवण देता है।

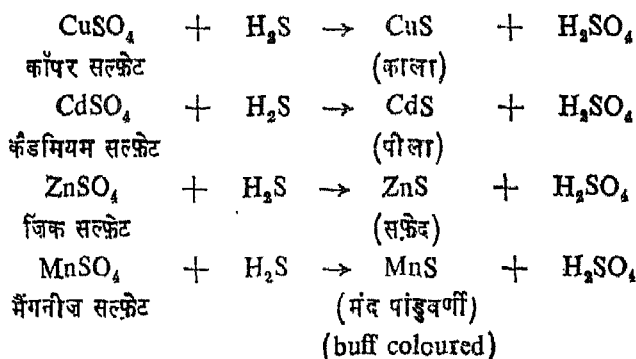
$$H_2S + 2NaOH \rightarrow Na_2S + 2H_2O$$

जब लेड नाइट्रेट विलयन से भीगा एक फ़िल्टर-पत्र का टुकड़ा हाइड्रोजन सल्फ़ाइड से उद्भासित किया जाता है तब यह लेड सल्फ़ाइड (काला) के विरचन के कारण काला पड़ जाता है।

$$Pb(NO_3)_2 + H_2S \rightarrow PbS + 2HNO_3$$

हाइड्रोजन सल्फ़ाइड अन्य बहुत से धात्विक लवणों के जलीय विलयन के साथ इसी प्रकार की अभिक्रिया करता है और इस प्रकार अविलेय सल्फ़ाइडों के रंगीन अवक्षेप बनते हैं।

$$CuSO_4 + H_2S \rightarrow CuS + H_2SO_4$$
कॉपर सल्फ़ेट (काला)

$$CdSO_4 + H_2S \rightarrow CdS + H_2SO_4$$
कैडमियम सल्फ़ेट (पीला)

$$ZnSO_4 + H_2S \rightarrow ZnS + H_2SO_4$$
ज़िंक सल्फ़ेट (सफ़ेद)

$$MnSO_4 + H_2S \rightarrow MnS + H_2SO_4$$
मैंगनीज सल्फ़ेट (मंद पांडुवर्णी) (buff coloured)

सल्फ़ाइडों के रंगीन अवक्षेपों का विरचन, हाइड्रोजन सल्फ़ाइड को धात्विक आयनों के अभिनिर्धारण (identification) के लिए बहुत महत्त्वपूर्ण बना देता है।

15.7 सल्फ़र व ऑक्सीजन के हाइड्राइड किस प्रकार के हैं?

ऑक्सीजन का हाइड्राइड जल है, और सल्फ़र का हाइड्राइड है हाइड्रोजन सल्फ़ाइड। इन दोनों हाइड्राइडों के गुणों में बड़ा अन्तर है: जल एक रंगहीन गंधहीन, द्रव है; हाइड्रोजन सल्फ़ाइड एक रंगहीन, सड़े अंडों की गंध वाली गैस है। जल उदासीन है, जब कि हाइड्रोजन सल्फ़ाइड अम्लीय है।

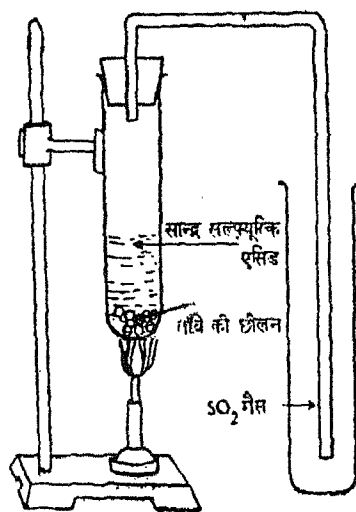
सल्फ़र के ऑक्साइड

ऑक्सीजन के साथ संयोजन करके सल्फ़र दो ऑक्साइड बनाता है: सल्फ़र डाइऑक्साइड (SO_2) व सल्फ़र ट्राइऑक्साइड (SO_3)।

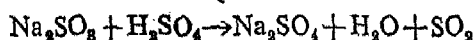
15.8 सल्फ़र डाइऑक्साइड कैसे बनाया जा सकता है?

कॉपर-खरादन को सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ गरम करके सल्फ़र डाइऑक्साइड बनाया जा सकता है। उपकरण को चित्र 15.3 के अनुसार व्यवस्थित किया जा सकता है। गैस को हवा के उपरिविस्थापन द्वारा एकत्रित किया जाता है।

$$Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

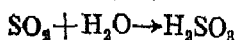
सल्फ़र डाइऑक्साइड गैस जल में विलेय है और हवा से दुगुनी भारी है। अतएव यह अधिक सुविधाजनक है कि गैस को हवा के उपरिविस्थापन द्वारा एकत्रित किया जाए।

चित्र 15.3 सल्फ़र डाइऑक्साइड का विरचन

सामान्य ताप पर, सोडियम सल्फ़ाइड व तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल की अभिक्रिया से भी, सल्फ़र डाइऑक्साइड को बनाया जा सकता है।

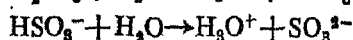
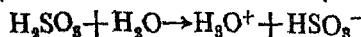
$$Na_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O + SO_2$$

15.9 सल्फ़र डाइऑक्साइड व सल्फ्यूरिक अम्ल के क्या गुण हैं ?

(a) सल्फ़र डाइऑक्साइड एक रंगहीन, विशिष्ट तीक्ष्ण गंधयुक्त गैस है। जब सल्फ़र डाइऑक्साइड से भरी एक परीक्षण नली को जल के ऊपर व्युत्क्रमित (inverted) किया जाता है, तब यह देखा जाता है कि परीक्षण नली में जल ऊपर चढ़ जाता है। यह प्रदर्शित करता है कि गैस जल में विलेय है।

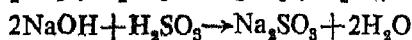
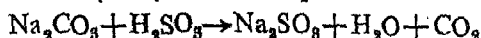
(b) सल्फ़र डाइऑक्साइड, जल में घुल कर सल्फ़्यूरस अम्ल बनाता है। इसलिए सल्फ़र डाइऑक्साइड को सल्फ़्यूरस एनहाइड्राइड भी कहते हैं।

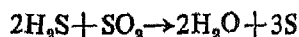
$$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$$

यह जल में आयनित होकर हाइड्रोनियम आयन बनाता है।

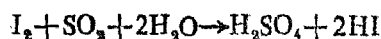
$$H_2SO_3 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + HSO_3^-$$

$$HSO_3^- + H_2O \rightarrow H_3O^+ + SO_3^{2-}$$

अतएव, सल्फ़्यूरस अम्ल एक अम्ल का सामान्य आचरण प्रदर्शित करता है [नीले लिटमस को लाल करना, कार्बोनेटों का अपघटन करके कार्बन डाइऑक्साइड देना, समाक्षरों (bases) के उदासीनीकरण द्वारा लवणों (salts) का विरचन।]

$$Na_2CO_3 + H_2SO_3 \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O + CO_2$$

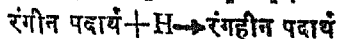
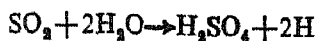
$$2NaOH + H_2SO_3 \rightarrow Na_2SO_3 + 2H_2O$$

(c) सल्फ़र डाइऑक्साइड उपचयन तथा अपचयन (reduction) दोनों के ही गुण प्रदर्शित करता है। यह हाइड्रोजन सल्फ़ाइड का सल्फ़र में उपचयन करता है।

$$2H_2S + SO_2 \rightarrow 2H_2O + 3S$$

आयोडीन के एक तनु जलीय विलयन में प्रवाहित करने से सल्फ़र डाइऑक्साइड आयोडीन को हाइड्रोजन आयोडाइड में अपचयित करता है।

$$I_2 + SO_2 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2HI$$

(d) यदि लाल गुलाब की कुछ ताज़ी पंखुड़ियों को आर्द्र (moist) सल्फ़र डाइऑक्साइड की उपस्थिति में लाया जाता है, तब यह देखा गया है कि उनका रंग उड़ जाता है। सल्फ़र

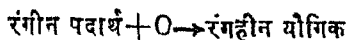
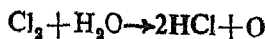
डाइऑक्साइड का यह विरंजक गुण, जल व सल्फ़र डाइऑक्साइड से प्राप्त नवजात (nascent) हाइड्रोजन के कारण संभव है।

$$SO_2 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2H$$

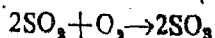
रंगीन पदार्थ + H → रंगहीन पदार्थ

विरंजक के लिए यह आवश्यक है कि कुछ आर्द्रता (moisture) रहे।

सल्फ़र डाइऑक्साइड के विरंजक गुण की तुलना में क्लोरीन, रंगहीन पदार्थ के उपचयन द्वारा उसका विरंजन करता है।

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow 2HCl + O$$

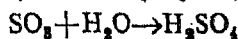
रंगीन पदार्थ + O → रंगहीन यौगिक

इसलिए सल्फ़र डाइऑक्साइड का विरंजक गुण मृदु है। यह ऊन, रेशम, तृण, आदि के विरंचन हेतु इस्तेमाल होता है। शक्कर के निर्माण में सल्फ़र डाइऑक्साइड विरंजक के रूप में काम में आता है।

(e) सल्फ़र डाइऑक्साइड का एक महत्त्वपूर्ण गुण है इसकी ऑक्सीजन से संयोजन की क्षमता, जिससे कि सल्फ़र ट्राइऑक्साइड बनता है। यह अभिक्रिया वैनेडियम पेंटॉक्साइड प्लैटिनम, इत्यादि द्वारा 450°C—500°C पर उत्प्रेरित (catalyse) होती है।

$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$$

15.10 सल्फ़र ट्राइऑक्साइड (SO_3)

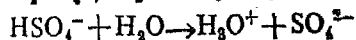
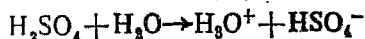
ऊपर दिए गए समीकरण के अनुसार, सल्फ़र डाइऑक्साइड के उत्प्रेरित उपचयन से सल्फ़र ट्राइऑक्साइड का विरचन किया जा सकता है।

सल्फ़र ट्राइऑक्साइड जल में घुल कर सल्फ़्यूरिक अम्ल बनाता है। इसलिए सल्फ़र ट्राइऑक्साइड को सल्फ़्यूरिक एनहाइड्राइड भी कहते हैं।

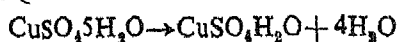
$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

15.11 सल्फ़्यूरिक अम्ल के क्या गुण हैं ?

सल्फ़्यूरिक अम्ल के जल में आयनन से हाइड्रोनियम आयन बनते हैं।

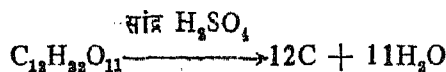
$$H_2SO_4 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + HSO_4^-$$

$$HSO_4^- + H_2O \rightarrow H_3O^+ + SO_4^{2-}$$

इसलिए, सल्फ़्यूरिक अम्ल का जलीय विलयन एक अम्ल का सामान्य व्यवहार प्रदर्शित करता है। सांद्र सल्फ़्यूरिक अम्ल के कुछ अन्य रोचक गुणों का नीचे विवरण दिया गया है।

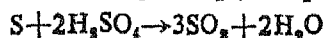
1. यदि जल से भरी एक परीक्षण-नलिका में सांद्र सल्फ़्यूरिक अम्ल की कुछ बूँदें मिला दी जाए तब जल गरम हो जाता है। यह जल व सांद्र सल्फ़्यूरिक अम्ल के मध्य एक ऊष्मा-उन्मोची (exothermic) अभिक्रिया के कारण होता है।
2. यदि एक सूखी परीक्षण-नलिका में कॉपर सल्फ़ेट ($CuO_4 5H_2O$) के कुछ क्रिस्टल (crystals) लिए जाएँ और उसमें सांद्र सल्फ़्यूरिक अम्ल मिलाया जाए तो थोड़ी देर के बाद नीले रंग के क्रिस्टल सफेद हो जाएँगे। यह इसलिए होता है कि सांद्र सल्फ़्यूरिक अम्ल, क्रिस्टलीय जल (water of crystallisation) के चार अणुओं को हटा ले जाता है।

$$\underset{\text{नीला}}{CuSO_4 5H_2O} \rightarrow \underset{\text{सफ़ेद}}{CuSO_4 H_2O} + 4H_2O$$

यह अभिक्रिया सांद्र सल्फ़्यूरिक अम्ल की जल के प्रति अति युयुक्षा (affinity) को प्रदर्शित करती है।

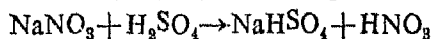
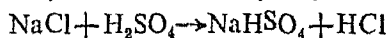
3. यदि एक परीक्षण-नलिका में रखे गन्ने की शक्कर के कुछ क्रिस्टलों में दो बूंद जल व प्रायः 1 मिली सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल मिला दिया जाए, तब यह देखा जाएगा कि शक्कर काली पड़ जाती है और इससे यह इंगित होता है कि कार्बन का विरचन हुआ है। इससे यह पता चलता है कि सल्फ़्यूरिक अम्ल गन्ने की शक्कर से भी जल के तत्वों को जल के रूप में हटा सकता है (सल्फ़्यूरिक अम्ल का निर्जलीकरण गुण)।

$$C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow{\text{सांद्र } H_2SO_4} \underset{\text{शक्कर का कोयला}}{12C} + 11H_2O$$

4. सांद्र सल्फ़्यूरिक अम्ल कॉपर खरादन के संग अभिक्रिया द्वारा सल्फ़र डाइऑक्साइड देता है (देखिए 15.8)। सल्फ़्यूरिक अम्ल एक उपचायक के रूप में कार्य करता है। इस प्रकार की कुछ अन्य अभिक्रियाएँ निम्नलिखित हैं :

$$C + 2H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$

$$S + 2H_2SO_4 \rightarrow 3SO_2 + 2H_2O$$

5. क्लोराइडों तथा नाइट्रेटों जैसे लवणों के साथ सल्फ़्यूरिक अम्ल अभिक्रिया करता है और इससे अधिक वाष्पशील (volatile) अम्लों की निर्मुक्ति होती है।

इसी प्रकार सोडियम क्लोराइड से हाइड्रोजन क्लोराइड तथा सोडियम नाइट्रेट से नाइट्रिक अम्ल की प्राप्ति होती है :

$$NaCl + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HCl$$
$$NaNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HNO_3$$

15.12 सल्फ़्यूरिक अम्ल का औद्योगिक महत्त्व

सल्फ़्यूरिक अम्ल परोक्ष अथवा अपरोक्ष रूप में बहुत सी वस्तुओं के निर्माण में काम आता है। इनमें बहुत-सी हमारे दैनिक जीवन में काम आने वाली वस्तुएँ भी हैं। इसलिए सल्फ़्यूरिक अम्ल को 'रसायनों का सम्राट' कहते हैं। किसी देश में सल्फ़्यूरिक अम्ल के वार्षिक उत्पादन से उस देश के औद्योगिक विकास का भली-भाँति अनुमान लगाया जा सकता है।

सल्फ़्यूरिक अम्ल के कुछ महत्त्वपूर्ण उपयोग :

1. फ़ॉस्फेट व नाइट्रोजनी उर्वरकों तथा नाइट्रिक अम्ल के निर्माण में;
2. रेयॉन, रंगों व पेन्टों के निर्माण में;
3. पेट्रोलियम पदार्थों के परिष्करण (refining) में;
4. ज़िंक द्वारा क़लई (plating) के पूर्व लोहे पर से ऑक्साइड की परत को हटाने में (जस्ता चढ़ाना galvanizing);
5. प्रयोगशालाओं में एक निर्जलीकारक (dehydrating agent) के रूप में।

अभ्यास

1. हमारे दैनिक जीवन में ऑक्सीजन व सल्फ़र किस प्रकार से महत्त्वपूर्ण भूमिका रखते हैं ?
2. ऑक्सीजन व सल्फ़र के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए।
3. परमाणुकता क्या है ? ऑक्सीजन व सल्फ़र की परमाणुकता कितनी है ? ऑक्सीजन व सल्फ़र के भौतिक गुणों के कौन-से अंतर उनकी विभिन्न परमाणुकता से संबंधित किए जा सकते हैं।

4. अपररूपता क्या है ? सल्फ़र के अपररूपों के नाम दीजिए। सल्फ़र-पुष्पों से विभिन्न अपररूप कैसे विरचित किए जा सकते हैं ?
5. (a) आयरन, व (b) कॉपर के संग सल्फ़र कैसे अभिक्रिया करता है ? समीकरण दीजिए।
6. उन तीन रासायनिक अभिक्रियाओं का वर्णन दीजिए जो कि सल्फ़र व ऑक्सीजन दोनों में समान रूप से होती हैं। समीकरण दीजिए।
7. सल्फ़र डाइऑक्साइड का विरंजक गुण क्लोरीन के विरंजक गुण से किस प्रकार से भिन्न है ? इस अंतर का स्पष्टीकरण आप कैसे करते हैं ?
8. सल्फ़र के दोनों ऑक्साइडों के अणु सूत्र लिखिए। 8 ग्राम सल्फ़र डाइऑक्साइड में सल्फ़र के कितने ग्राम, ऑक्सीजन से संयोजित रहते हैं ?
9. क्या होता है जब
   (a) जल में सांद्र सल्फ़्यूरिक अम्ल की कुछ बूंदें मिलाई जाती हैं ?
   (b) सांद्र सल्फ़्यूरिक अम्ल कॉपर सल्फ़ेट के नीले क्रिस्टलों में मिलाया जाता है ?
10. सल्फ़्यूरिक अम्ल को 'रसायन का सम्राट' क्यों कहा जाता है ?
11. सल्फ़र डाइऑक्साइड के विरचन में प्रयुक्त उपकरण का एक स्वच्छ चिह्नित चित्र खींचिए। रासायनिक अभिक्रिया का समीकरण दीजिए। क्या यह जल के विस्थापन द्वारा एकत्र किया जा सकता है ? अपने उत्तर का कारण दीजिए।
12. हाइड्रोजन सल्फ़ाइड व धात्विक लवण विलयनों के मध्य हुई किन्हीं चार अभिक्रियाओं के रासायनिक समीकरण दीजिए।

नाइट्रोजन व फ़ॉस्फ़ोरस

आवर्त सारणी के V-A समूह में पाँच तत्त्व हैं। इन तत्त्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यासों व कुछ भौतिक गुणों का विवरण सारणी 16.1 में दिया गया है।

सारणी 16.1

समूह V-A के तत्त्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास तथा कुछ भौतिक गुण

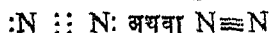
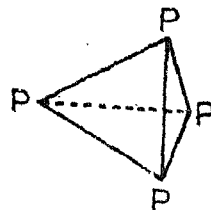
तत्त्व	संकेत	परमाणु क्रमांक	इलेक्ट्रॉनिक विन्यास						क्वथनांक (°C)	आपेक्षिक घनत्व
			K	L	M	N	O	P		
नाइट्रोजन	N	7	2	5					195.8	1.026 (ठोस) (−252°C पर)
फ़ॉस्फ़ोरस (सफ़ेद)	P	15	2	8	5				280.0	1.82
आर्सेनिक (भूरा)	As	33	2	8	18	5			615	5.73
ऐन्टिमनी	Sb	51	2	8	18	18	5		1380	6.69 (20°C पर)
बिस्मथ	Bi	83	2	8	18	32	18	5	1470	9.75

इस तथ्य पर ध्यान दीजिए कि इन सभी तत्वों के बाह्यतम कोश में पाँच इलेक्ट्रॉन हैं। इसलिए हमको यह आशा करनी चाहिए कि उनके रासायनिक गुणों में कुछ समानता होगी। एक समूह के सदस्यों के बीच भौतिक गुणों के सामान्य क्रम का सारणी 16.1 में आभास मिलता है।

इस अध्याय में हम इस समूह के प्रथम दो सदस्यों, नाइट्रोजन व फ़ास्फ़ोरस, तथा उनके कुछ यौगिकों की विवेचना करेंगे।

16.1 नाइट्रोजन व फ़ॉस्फ़ोरस की प्रकृति व आचरण क्या हैं?

नाइट्रोजन के संयोजकता कोश में पाँच इलेक्ट्रॉन हैं। इस प्रकार इसको स्थायी इलेक्ट्रॉनिक विन्यास की प्राप्ति के लिए तीन और इलेक्ट्रॉनों की आवश्यकता है। नाइट्रोजन अणु में इसकी पूर्ति दो नाइट्रोजन परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रॉनों के तीन युग्मों (pairs) की साझेदारी से हो जाती है। इस प्रकार, द्विपरमाणुक (diatomic) नाइट्रोजन अणु में दोनों नाइट्रोजन परमाणु तीन सहसंयोजकीय बंधों द्वारा जुड़े रहते हैं।

$$:N :: N: \text{ अथवा } N \equiv N$$

सामान्य ताप पर, फ़ॉस्फ़ोरस P_4 अणुओं के रूप में रहता है, इनमें प्रत्येक फ़ॉस्फ़ोरस परमाणु, निम्नलिखित चित्र के अनुसार, तीन परमाणुओं के साथ एकल बंध द्वारा सहसंयोजकीय रूप से जुड़ा रहता है।

इस प्रकार, नाइट्रोजन व फ़ॉस्फ़ोरस दोनों ही अ-ध्रुवीय पदार्थ हैं। इसलिए, जल (एक ध्रुवीय सहसंयोजक यौगिक) में उनकी बहुत ही कम विलेयता होती है।

16.2 नाइट्रोजन व फॉस्फ़ोरस के यौगिकों में किस प्रकार के बंधनों की आशा की जाती है?

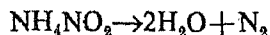
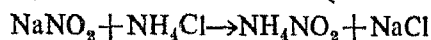
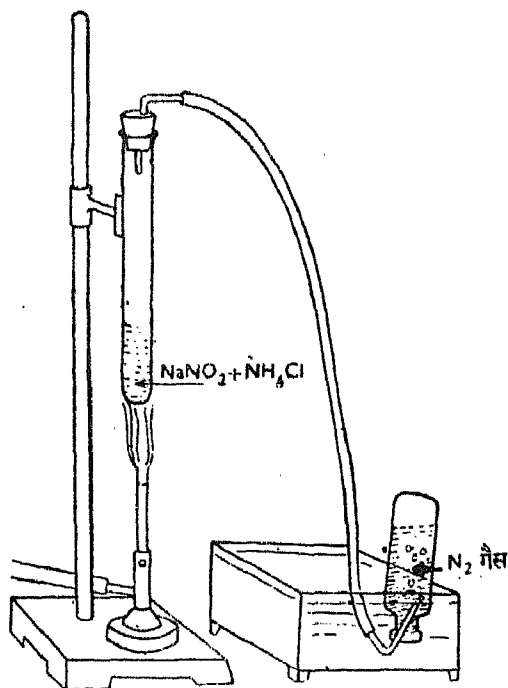
जैसा कि नाइट्रोजन व फ़ॉस्फ़ोरस तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक संरचना से स्पष्ट है: यह दोनों अन्य तत्वों के साथ तीन सहसंयोजक बंधों की सहायता से संयोजन करते हैं। नाइट्रोजन व फ़ॉस्फ़ोरस के कुछ यौगिकों की संरचनाएँ निम्नलिखित हैं :

H:N̈:H Ḧ	:C̈l:N̈:C̈l: :C̈l:	H:P̈:H Ḧ
अमोनिया	नाइट्रोजन ट्राइक्लोराइड	फ़ॉस्फ़ीन

16.3 नाइट्रोजन का विरचन हम कैसे कर सकते हैं ?

सोडियम नाइट्राइट व अमोनियम क्लोराइड के जलीय विलयनों के एक मिश्रण को गरम करके प्रयोगशाला में नाइट्रोजन का विरचन किया जा सकता है।

$$NaNO_2 + NH_4Cl \rightarrow NH_4NO_2 + NaCl$$

$$NH_4NO_2 \rightarrow 2H_2O + N_2$$

नाइट्रोजन तेज़ बुदबुदाहट (effervescence) के साथ निकलता है और इसको जल के ऊपर एकत्रित किया जाता है। चित्र 16.1 में इस कार्य में प्रयुक्त उपकरण प्रदर्शित है।

चित्र 16.1 प्रयोगशाला में नाइट्रोजन का विरचन

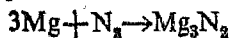
16.4 नाइट्रोजन के कुछ महत्त्वपूर्ण गुण क्या हैं ?

(a) यह एक रंगहीन व गंधहीन गैस है।

(b) यह जल में अल्प विलेय (sparingly soluble) है।

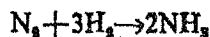
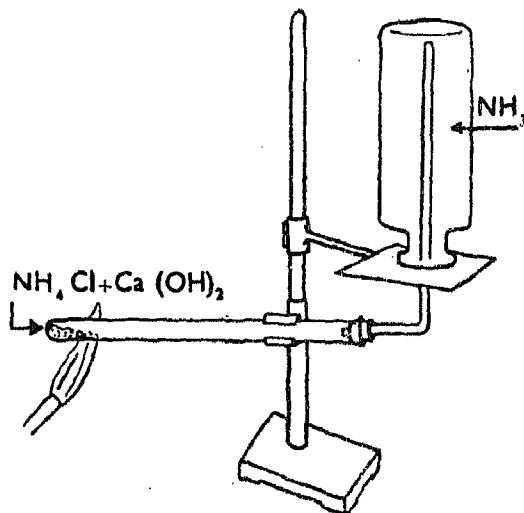
(c) नाइट्रोजन से भरे जार में जब जलती हुई तीली (splinter) ले जायी जाती है तब इसका जलना बंद हो जाता है। इस प्रकार, नाइट्रोजन न तो स्वयं जलती है और न प्रज्वलन में सहयोग देती है।

(d) नाइट्रोजन तप्त धातुओं के साथ संयोजन करके नाइट्राइड बनाती है।

$$3Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$$

(e) नाइट्रोजन, ऑक्सीजन के साथ अति उच्च ताप (प्राय: 3000°C) पर अभिक्रिया करके नाइट्रिक ऑक्साइड बनाता है।

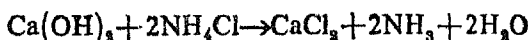
$$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$$

(f) अनुकूलपरिस्थितियों में नाइट्रोजन, हाइड्रोजन के साथ अभिक्रिया करके अमोनिया बनाता है।

$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$$

16.5 प्रयोगशाला में अमोनिया का विरचन कैसे होता है ?

चित्र 16.2 अमोनिया का प्रयोगशाला में विरचन

प्रयोगशाला में अमोनिया का विरचन किसी भी अमोनियम लवण को किसी क्षार के

साथ गरम करके किया जा सकता है, उदाहरणतः बुझा चूना व अमोनियम क्लोराइड का मिश्रण। इसके लिए उपयुक्त उपकरण चित्र 16.2 में दिखाया गया है।

$$Ca(OH)_2 + 2NH_4Cl \rightarrow CaCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O$$

अमोनिया गैस, वायु से हल्की होने के कारण, वायु के अधोमुखी विस्थापन (downward displacement) द्वारा एकत्रित की जाती है।

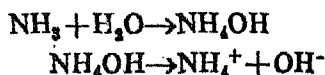
16.6 अमोनिया के कुछ महत्त्वपूर्ण गुण क्या हैं ?

(a) यह रंगहीन तीक्ष्ण गंध वाली गैस है।

(b) जल में विलेयता।

अमोनिया जल में अति विलेय है। 20°C पर एक लीटर जल में प्रायः 740 लीटर अमोनिया गैस घुलती है। अमोनिया की अति विलेयता को 'फ़व्वारे के प्रयोग' से, जिसका विवरण हाइड्रोजन क्लोराइड गैस के बारे में दिया जा चुका है, प्रदर्शित किया जा सकता है।

जलीय विलयनों में अमोनिया मुख्यतः अमोनियम हाइड्रॉक्साइड के रूप में रहती है। इसका एक छोटा-सा अंश वियोजित होकर, निम्नलिखित समीकरण के अनुसार, अमोनियम व हाइड्रॉक्साइड आयन देता है।

$$NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4OH$$
$$NH_4OH \rightarrow NH_4^+ + OH^-$$

इस कारण इसका विलयन क्षारीय (alkaline) होता है।

(c) जब अमोनिया से भरे हुए एक जार में सांद्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल में डूबी एक शीशे की छड़ को डाला जाता है तब एक गहरा सफ़ेद धूम्र बनता है। यह अमोनियम क्लोराइड के विरचन के कारण बनता है।

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$$

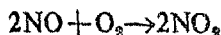
(d) अमोनिया के ऑक्सीजन में प्रज्वलन से नाइट्रोजन व जल बनता है।

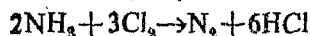
$$4NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2N_2 + 6H_2O$$

(e) जब अमोनिया का लाल तप्त प्लेटिनम पर प्रवाहित कर वायुमण्डलीय ऑक्सीजन द्वारा उपचयन कराया जाता है तब नाइट्रिक ऑक्साइड बनता है।

$$4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow[\text{उत्प्रेरक}]{Pt} 4NO + 6H_2O$$

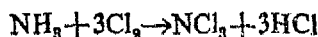
यह नाइट्रिक ऑक्साइड, वायु की आक्सीजन के साथ तुरंत संयोजन करके नाइट्रोजन ऑक्साइड का भूरा धूम देता है।

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

(f) अमोनिया, क्लोरीन को अपचयित करता है। नाइट्रोजन व हाइड्रोजन क्लोराइड इस अपचयन से प्राप्त उत्पाद होते हैं।

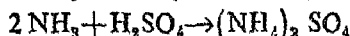
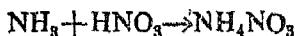
$$2NH_3 + 3Cl_2 \rightarrow N_2 + 6HCl$$

अमोनिया के आधिक्य में अमोनियम क्लोराइड बनता है।

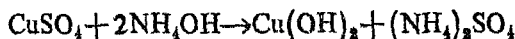
$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$$

क्लोरीन के आधिक्य में, नाइट्रोजन ट्राइक्लोराइड बनता है। यह उच्च रूप से विस्फोटक (explosive) होता है।

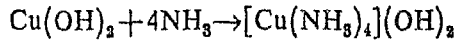
$$NH_3 + 3Cl_2 \rightarrow NCl_3 + 3HCl$$

16.7 अमोनिया के जलीय विलयन के रासायनिक गुण क्या हैं ?

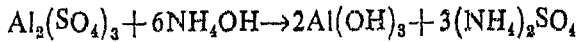
(a) हम यह देख चुके हैं कि जल में अमोनिया का विलयन, अपनी प्रकृति में क्षारीय होता है। इसलिए इससें अम्लों को उदासीन करके अमोनिया लवण बनाना चाहिए। अमोनिया व कुछ सामान्य अम्लों के मध्य हुई अभिक्रियाओं के समीकरण निम्नलिखित हैं :

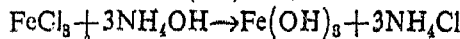
$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$$
$$NH_3 + HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3$$
$$2NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$$

(b) (1) जब कॉपर सल्फ़ेट विलयन में अमोनिया विलयन बूंद-बूंद करके मिलाया जाता है, तब कॉपर हाइड्रॉक्साइड अवक्षेपित हो जाता है।

$$CuSO_4 + 2NH_4OH \rightarrow Cu(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$

यदि अमोनिया विलयन अधिक मात्रा में मिला दिया जाए तब (नीला-सफेद) क्यूप्रिक

हाइड्रॉक्साइड घुलकर क्यूप्रैमोनियम हाइड्रॉक्साइड का एक गहरा नीला विलयन देता है ।

$$Cu(OH)_2 + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4](OH)_2$$

(2) ऐलुमिनियम सल्फ़ेट के जलीय विलयन में अमोनियम हाइड्रॉक्साइड मिलाने से ऐलुमिनियम हाइड्रॉक्साइड का एक चिपचिपा श्लेषी श्वेत अवक्षेप प्राप्त होता है ।

$$Al_2(SO_4)_3 + 6NH_4OH \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3(NH_4)_2SO_4$$

इसी प्रकार से अमोनियम हाइड्रॉक्साइड, आयरन (III) फेरिक क्लोराइड के जलीय विलयन के साथ अभिक्रिया कर के आयरण (III) हाइड्रॉक्साइड देता है ।

$$FeCl_3 + 3NH_4OH \rightarrow Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$$

16.8 नाइट्रोजन का अपने महत्त्वपूर्ण यौगिकों में रूपांतरण कैसे होता है ?

यह अनुमान किया जाता है कि केवल वायुमण्डल में ही 40,000 करोड़ टन नाइट्रोजन है । इसमें से केवल थोड़ा ही यौगिक रूप में रहता है जबकि मुख्यत: यह मुक्त अवस्था में रहता है । दूसरी ओर सभी जीवित प्राणियों में नाइट्रोजन के यौगिक रहते हैं । इन यौगिकों के नाइट्रोजन को यौगिकीकृत अथवा संयुक्त (fixed) नाइट्रोजन कहते हैं । ऐसा कोई भी प्रक्रम, जो कि मुक्त नाइट्रोजन को नाइट्रोजन यौगिकों में रूपांतरित कर सकता हो, 'नाइट्रोजन का यौगिकीकरण' (fixation of nitrogen) कहलाता है । ऐसे प्रक्रम महत्वपूर्ण होते हैं क्योंकि मिट्टी में नाइट्रोजन के यौगिकों की उपस्थिति, पौधों की वृद्धि में सहायता करती है । नाइट्रोजन का स्थायीकरण मुख्यत: दो प्रकार से होता है (a) प्रकृति द्वारा, व (b) कृत्रिम विधियों से । यौगिकीकरण द्वारा विरचित नाइट्रोजन के यौगिक पुन: मुक्त नाइट्रोजन में अपघटित हो जाते हैं और इस प्रकार यह वायुमण्डल में वापस लौट जाती है । इस चक्रीय (cyclic) प्रक्रम को नाइट्रोजन चक्र कहते हैं ।

16.8-1 प्रकृति में नाइट्रोजन चक्र क्या होता है ?

नाइट्रोजन चक्र में मुख्यत: निम्नलिखित प्रक्रम होते हैं :

(1) (a) कुछ विशिष्ट अवस्थाओं में, जैसे तड़ित-झंझा (thunderstorm) में, वायुमण्डलीय नाइट्रोजन व ऑक्सीजन मिलकर नाइट्रिक ऑक्साइड (NO) बनाते हैं ।

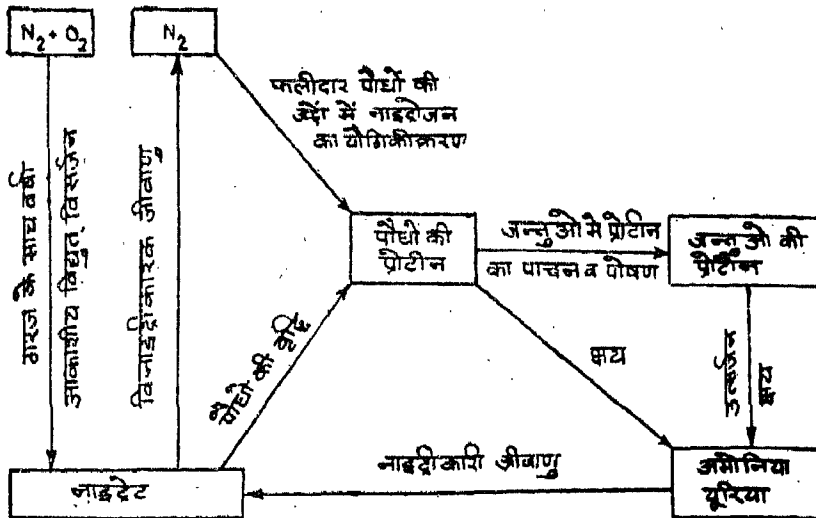
(b) नाइट्रिक ऑक्साइड वायु की ऑक्सीजन के साथ संयोग करके नाइट्रोजन डाइऑक्साइड (NO_2) बनाता है।

(c) वर्षा में नाइट्रोजन डाइऑक्साइड घुलकर नाइट्रस व नाइट्रिक अम्ल बनाता है।

(d) यह अम्ल मिट्टी के भीतर पहुँचकर नाइट्राइट व नाइट्रेट बनाते हैं।

(2) पौधे मिट्टी से इन घुले नाइट्रेटों को अवशोषित करते हैं व उनको प्रोटीनों में रूपांतरित करते हैं।

(3) प्रोटीन हमारे भोजन का एक ऐसा महत्त्वपूर्ण वर्ग है जो कि शरीर निर्माण में काम आता है। उनमें नाइट्रोजन होता है। शाकाहारी (herbivorous) जन्तु पौधों को खा जाते हैं व प्रोटीन पचा लेते हैं। शरीर में इस प्रोटीन का कुछ भाग मांस बनाने के काम आता है व कुछ भाग मूत्र द्वारा यूरिया के रूप में निकलकर मिट्टी में वापस हो जाता है।

(4) मिट्टी में उपस्थित बैक्टीरिया, यूरिया का अपघटन करके अमोनिया बनाते हैं।

चित्र 16.3 नाइट्रोजन चक्र

(5) जब जानवरों की मृत्यु हो जाती है तब बैक्टीरिया मृत जानवरों पर भरण (feed) करते हैं व प्रोटीनों का अमोनिया में अपघटन करते हैं।

(6) नाइट्रीकारी (nitrifying) बैक्टीरिया, जिनको क्षारीय मिट्टी अधिमान्य (preference) होती है, अमोनिया का नाइट्रेटों में उपचयन करते हैं। मिट्टी के नाइट्रेटों को पौधे फिर से अवशोषित कर लेते हैं और इस प्रकार चक्र का पुनरावर्तन होता है और साथ में विनाइट्रीकारी (denitrifying) बैक्टीरिया अमोनिया को नाइट्रोजन में उपचयित कर देते हैं जो कि स्वयं वायुमण्डल में चली जाती है।

एक अन्य विधि और है जिसके द्वारा नाइट्रोजन अपने यौगिकों में रूपांतरित होती है। लेग्यूमिनस पौधों (जैसे सेम, मटर आदि) की जड़ों में छोटी-छोटी गुटिकाएँ (nodules) होती हैं। इन गुटिकाओं में 'नाइट्रोजन यौगिकीकरण' बैक्टीरिया होते हैं जो कि वायुमण्डलीय नाइट्रोजन का प्रोटीनों के निर्माण में प्रयोग करते हैं। शेष अन्य प्रक्रम उपरोक्त नाइट्रोजन चक्र के समान हैं। नाइट्रोजन चक्र चित्र 16.3 में निरूपित है।

16.8-2 नाइट्रोजन का कृत्रिम यौगिकीकरण क्या है ?

निरंतर बढ़ती हुई जनसंख्या के लिए अधिकाधिक भोजन की आवश्यकता है। अधिक खाद्य सामग्री की पैदावार के द्वारा मिट्टी से बड़ी मात्रा में नाइट्रोजन के यौगिक कम हो जाते हैं। धीरे-धीरे मिट्टी में नाइट्रोजन यौगिक कम हो जाते हैं। अतएव हमको मिट्टी में नाइट्रोजन यौगिकों की कमी को पूरा करने के लिए कृत्रिम उर्वरकों का प्रयोग करना पड़ता है। हाबर प्रक्रम द्वारा निर्मित अमोनिया, नाइट्रोजनी उर्वरकों का मुख्य स्रोत है। उदाहरणतः अमोनियम सल्फ़ेट व अमोनियम नाइट्रेट उर्वरक हैं (अमोनियम नाइट्रेट को खड़िया से मिश्रित करके 'नाइट्रो-खड़िया' नामक मिश्रण भी बनाते हैं जो एक उर्वरक के रूप में प्रयोग में लाया जाता है)। चूने को भी मिट्टी में उर्वरक के रूप में प्रयुक्त किया जाता है क्योंकि इसके मिश्रण से मिट्टी क्षारीय हो जाती है। यह नाइट्रीकारी बैक्टीरिया की सक्रियता को, जो मिट्टी के लिए लाभकारी है, बढ़ाता है और इस प्रकार विनाइट्रीकारी बैक्टीरिया की सक्रियता (मिट्टी के लिए हानिकारी) कम हो जाती है।

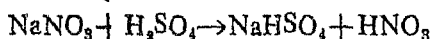
16.9 अमोनिया का निर्माण (हाबर प्रक्रम)

अमोनिया, हाइड्रोजन व नाइट्रोजन की अभिक्रिया से निर्मित होती है। नाइट्रोजन के

एक भाग व हाइड्रोजन के तीन भाग के एक मिश्रण को 500 वायुमण्डलीय दाब पर संपीडित (compressed) करके एक लौह उत्प्रेरक पर व 500°C ताप पर प्रवाहित किया जाता है।

16.10 नाइट्रिक अम्ल कैसे बनाया जाता है ?

प्रयोगशाला में सोडियम नाइट्रेट को सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ गरम करके नाइट्रिक अम्ल बनाया जा सकता है।

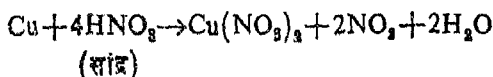
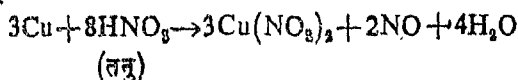
$$NaNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HNO_3$$

इस अवस्था में नाइट्रिक अम्ल वाष्पशील (volatile) होता है। इसके वाष्प संपीड़ित कर लिए जाते हैं और एक आसुत (distillate) के रूप में एकत्रित किए जाते हैं। नाइट्रिक अम्ल का औद्योगिक निर्माण भी इसी विधि से, जिसमें कि प्रकृति में पाया जाने वाला सोडियम नाइट्रेट (चिली साल्टपीटर) प्रयुक्त होता है, किया जाता है। आजकल नाइट्रिक अम्ल काफ़ी मात्रा में अमोनिया के उत्प्रेरित उपचयन द्वारा बनाया जाता है।

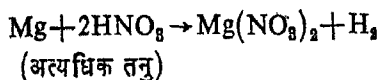
16.10-1 नाइट्रिक अम्ल के कुछ महत्त्वपूर्ण यौगिक क्या हैं ?

नाइट्रिक अम्ल एक रंगहीन सधूम्र द्रव है। यह एक प्रबल उपाचयक है। यह अति विषाक्त (toxic) होता है और त्वचा जैसे ऑर्गेनिक पदार्थों पर हमला करता है। रासायनिक प्रयोगशाला में सामान्यतः प्रयोग में आने वाला सांद्र नाइट्रिक अम्ल, 68% अम्ल व 32% जल होता है।

यह विभिन्न धातुओं के साथ अभिक्रिया करके उनके नाइट्रेट बनाता है। उदाहरण स्वरूप, कॉपर पर तनु व सांद्र नाइट्रिक अम्ल की समावेशक (overall) प्रक्रिया निम्न समीकरणों द्वारा निर्देशित की जाती है :

$$3Cu + \underset{\text{(तनु)}}{8HNO_3} \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

$$Cu + \underset{\text{(सांद्र)}}{4HNO_3} \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

कुछ धातु, जैसे मैग्नीशियम, अत्यधिक तनु नाइट्रिक अम्ल (1%) के साथ अभिक्रिया करके हाइड्रोजन गैस देते हैं।

$$Mg + 2HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + H_2$$
(अत्यधिक तनु)

16.11 नाइट्रोजन व इसके महत्त्वपूर्ण यौगिकों के उपयोग क्या हैं ?

वायु में नाइट्रोजन, दहन की गति (rate of combustion) को कम करता है। यह आर्गान के साथ बिजली के बल्बों के भरने में इस्तेमाल होता है। अपनी अक्रियता के कारण खाद्य पदार्थों की तैयारी (processing) नाइट्रोजन के वातावरण में की जाती है। यह इसी प्रकार रसायन, पेट्रोलियम व रंग व पेंट उद्योगों में तथा आग व विस्फोटन को रोकने में काम आता है।

वायुमण्डलीय नाइट्रोजन का अमोनिया के निर्माण में प्रयोग होता है। नाइट्रिक अम्ल के कुछ यौगिक जैसे नाइट्रोग्लिसरीन, ट्राइनाइट्रोटॉलुईन (टी एन टी), आदि, विस्फोटक के रूप में इस्तेमाल में आते हैं।

नाइट्रिक अम्ल रंजकों (dyes) व प्लास्टिकों के निर्माण में प्रयुक्त होता है। अमोनिया एक प्रशीतक (refrigerant) के रूप में प्रयोग होती है। द्रवित अमोनिया के वाष्पन से निम्न-ताप की प्राप्ति होती है। इससे जनित गैसीय अमोनिया को संपीडन व शीतलन (cooling) द्वारा फिर द्रवित कर लेते हैं और यह बार-बार प्रयोग में लायी जाती है।

अमोनियम क्लोराइड शुष्क सेल (dry cell) बनाने में प्रयुक्त होता है। अमोनियम नाइट्रेट विस्फोटक के निर्माण में इस्तेमाल किया जाता है। अमोनियम यौगिक उर्वरक के रूप में काम आते हैं। काफी बड़ी मात्रा में अमोनिया का नाइट्रिक अम्ल के निर्माण में उपयोग होता है।

16.11-1 नाइट्रोजन यौगिक उर्वरकों के रूप में

मुख्य नाइट्रोजनी उर्वरक है। अमोनियम सल्फ़ेट, यूरिया व सोडियम तथा पोटैशियम नाइट्रेट। हमारे देश में कुछ प्रमुख उर्वरक संयंत्र सिन्द्री (बिहार), नंगल (पंजाब), गोरखपुर (उ० प्र०) व अलवैयी (केरल) में स्थित हैं।

16.12 फ़ास्फ़ोरस के महत्त्वपूर्ण गुण क्या हैं ?

फ़ॉस्फ़ोरस के दो मुख्य अपररूप होते हैं : श्वेत या पीला फ़ॉस्फ़ोरस व लाल फ़ॉस्फ़ोरस। लाल फ़ॉस्फ़ोरस स्थायी प्रतिरूप है। नाइट्रोजन या कार्बन डाइऑक्साइड की उपस्थिति में

श्वेत फ़ॉस्फ़ोरस को यदि 250°C पर गरम किया जाता है तब वह लाल फ़ॉस्फ़ोरस में परिवर्तित हो जाता है। दोनों सामान्य ताप पर ठोस पदार्थ हैं।

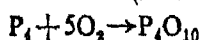
श्वेत फ़ॉस्फ़ोरस जल में अविलेय है परंतु यह कार्बन डाइसल्फ़ाइड में विलेय है। लाल फ़ॉस्फ़ोरस दोनों में ही अविलेय है और यह जलने लगता है।

फ़ास्फ़ोरस के रासायनिक गुण

(a) 40°C या इससे उच्च ताप पर श्वेत फ़ॉस्फ़ोरस को यदि हवा में रखा जाए तब उसका स्वतः उपचयन होता है।

$$P_4 + 3O_2 \rightarrow 2P_2O_3$$

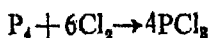
(फ़ॉस्फ़ोरस ट्राइऑक्साइड)

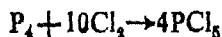
$$P_4 + 5O_2 \rightarrow P_4O_{10}$$

(टेट्राफ़ॉस्फ़ोरस डेकॉक्साइड या फ़ॉस्फ़ोरस पेण्टाक्साइड)

इसलिए, श्वेत फ़ॉस्फ़ोरस को जल के अंदर रखा जाता है। कम ताप पर इसका धीरे-धीरे उपचयन होता है और श्वेत प्रकाश की किरणें निकलती हैं—(स्फुर दीप्ति=phosphorescence)।

लाल फ़ॉस्फ़ोरस हवा में गरम करने पर वही यौगिक देता है (टेट्रफ़ॉस्फ़ोरस डेकॉक्साइड)।

(b) श्वेत फ़ॉस्फ़ोरस को जब क्लोरीन से भरे एक जार में डाला जाता है तब इसमें स्वतः आग लग जाती है और फ़ॉस्फ़ोरस ट्राइक्लोराइड का विरचन होता है।

$$P_4 + 6Cl_2 \rightarrow 4PCl_3$$

जब क्लोरीन तप्त लाल फ़ॉस्फ़ोरस पर प्रवाहित किया जाता है तब फ़ॉस्फ़ोरस जल कर फ़ॉस्फ़ोरस ट्राइक्लोराइड देता है। क्लोरीन के आधिक्य में फ़ॉस्फ़ोरस पेंटाक्लोराइड बनाता है।

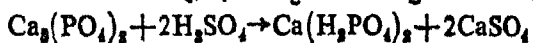
$$P_4 + 10Cl_2 \rightarrow 4PCl_5$$

(c) जब श्वेत या लाल फ़ॉस्फ़ोरस हाइड्रोजन में गरम किया जाता है तब बहुत थोड़ी मात्रा में फ़ॉस्फ़ीन का विरचन होता है। प्रयोगशाला में यह यौगिक अन्य विधियों द्वारा बनाया जाता है।

16.13 फ़ॉस्फ़ोरस व इसके महत्त्वपूर्ण यौगिकों के उपयोग क्या हैं ?

श्वेत फ़ॉस्फ़ोरस को अग्नि बमों के बनाने में और युद्ध काल में धूम पट (smoke screen) बनाने में काम में लाते हैं।

लाल फ़ॉस्फ़ोरस का एक मुख्य उपयोग दियासलाई उद्योग में होता है। फ़ॉस्फ़ोरस, फ़ॉस्फ़रकांसा (phosphor bronze) के विरचन में प्रयुक्त होता है। यह एक मिश्र-धातु (alloy) है जो कि संक्षारण (corrosion) का बहुत प्रतिरोधी होता है और यह जहाजों के नोदक (propeller) व अन्य फिटिंग्स के बनाने में इस्तेमाल होता है।

फ़ॉस्फ़ोरस यौगिकों का सामान्य दैनिक जीवन में व उद्योग में विस्तृत उपयोग होता है। उदाहरणतः जिंक फ़ॉस्फ़ाइड एक चूहा-विष के रूप में इस्तेमाल होता है। सुपर फ़ॉस्फ़ेट, जो कि रॉक फ़ॉस्फ़ेट (एक ऐसा खनिज जिसमें मुख्यतः कैल्सियम फ़ॉस्फेट होता है) को सांद्र सल्फ़्यूरिक अम्ल के साथ पका कर बनाया जाता है, एक विस्तृत रूप से प्रयुक्त उर्वरक है।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow \underset{\text{(सुपर फ़ॉस्फ़ेट)}}{Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaSO_4}$$

सल्फ़्यूरिक अम्ल के प्रयोग का अभिप्राय ट्राइकैल्सियम फ़ॉस्फ़ेट को कैल्सियम डाइ हाइड्रोजन फ़ॉस्फेट में रूपांतरित करना है जो कि जल में विलेय होता है। अतएव वह पौधों द्वारा अधिक स्वांगीकृत (assimilate) होता है। हमारे पास अलवैई (केरल) व जयपुर (राजस्थान) में फ़ॉस्फ़ेट-उर्वरक कारखाने हैं।

16.14 हम लवणों में नाइट्रेट व फ़ॉस्फ़ेट का परीक्षण कैसे कर सकते हैं ?

नाइट्रेट का परीक्षण

(1) नाइट्रेट लवण को सांद्र सल्फ़्यूरिक अम्ल तथा थोड़ी सी तांबे की छीलन अथवा कागज के कुछ टुकड़ों के साथ गरम करते हैं। भूरे लाल रंग का नाइट्रोजन डाइऑक्साइड का धुआँ निकलता है।

(2) एक परखनली में सोडियम या पोटैशियम नाइट्रेट का एक विलयन लिया जाता है। इसमें एक तुरन्त तैयार फेरस सल्फ़ेट विलयन की बराबर मात्रा मिला दी जाती है। परखनली को तिरछा रख कर के इस विलयन में 1 मिली सांद्र H_2SO_4 धीरे से मिलाया जाता है।

अम्ल व नाइट्रेट के विलयन के संगम पर नाइट्रोसिल फेरस सल्फ़ेट [$Fe(NO)SO_4$] की एक गहरी भूरी परत (layer) बन जाती है। कोई भी नाइट्रेट यह परीक्षण देगा।

फ़ॉस्फ़ेट का परीक्षण

एक क्वथन-नली में सोडियम या पोटैशियम फ़ॉस्फ़ेट का एक विलयन लिया जाता है। इसको नाइट्रिक अम्ल द्वारा अम्लीकृत किया जाता है। इस विलयन की कुछ बूँदें अमोनियम मॉलिब्डेट के एक विलयन में मिलायी जाती हैं। विलयन को फिर गरम किया जाता है जब कि अमोनियम फ़ॉस्फ़ोमॉलिब्डेट का एक पीला अवक्षेप बनता है। कोई भी फ़ॉस्फ़ेट यह परीक्षण देगा।

16.15 जीवन में नाइट्रोजन व फ़ॉस्फ़ोरस का महत्त्व

नाइट्रोजन व फ़ॉस्फ़ोरस तत्त्व जीवित आर्गेनिज्म में बहुत महत्त्वपूर्ण भूमिका रखते हैं। जीवित तंत्रों में अधिकांश नाइट्रोजन प्रोटीन के रूप में रहता है। प्रोटीन प्रायः सभी प्रकार की जैव-क्रियाओं से संबंधित रहते हैं। अगले एक अध्याय में प्रोटीन के पोषणज(nutritional) महत्त्व की व्याख्या करेंगे।

जीवित ऑर्गेनिज्म का फ़ॉस्फ़ोरस मुख्यतः न्यूक्लेइक अम्लों व हड्डियों में रहता है। न्यूक्लेइक अम्ल जटिल व बड़े आकार वाले ऐसे ऑर्गेनिक अणु हैं जो कि आनुवंशिकता (heredity) में महत्त्वपूर्ण भूमिका रखते हैं। हड्डी का मुख्य अंश कैल्सियम फ़ॉस्फ़ेट का एक प्रतिरूप है जिसको कि 'हाइड्रॉक्सिल अपाटाइट' कहते हैं। थोड़ी सी मात्रा में फ़ॉस्फ़ोरस कुछ प्रोटीनों, जैसे दूध की कैसीन, में भी पाया जाता है।

अभ्यास

1. इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर नाइट्रोजन व फ़ॉस्फ़ोरस की संयोजकता क्या होनी चाहिए ? वह किस प्रकार के बंधन बनायेंगे ?
2. नाइट्रोजन व हाइड्रोजन के एक महत्त्वपूर्ण यौगिक का नाम दीजिए। इसके कुछ महत्त्वपूर्ण उपयोगों को वर्णित करिए।

3. नाइट्रोजन, ऑक्सीजन के साथ अति उच्च ताप पर ही अभिक्रिया करता है। इस प्रेक्षण से नाइट्रोजन की अभिक्रियाशीलता के बारे में क्या निष्कर्ष निकाला जा सकता है ?
4. वायुमण्डल का प्रायः 4/5 भाग नाइट्रोजन होता है परंतु समुद्र-जल में प्रायः कोई भी नाइट्रोजन यौगिक नहीं होते हैं। क्या आप कोई संभाव्य स्पष्टीकरण दे सकते हैं ?
5. नाइट्रोजन के स्थायीकरण के दो महत्त्वपूर्ण प्राकृतिक पथ क्या हैं ?
6. यह मानते हुए कि चिली साल्टपीटर शुद्ध सोडियम नाइट्रेट होता है, उसके 85 मीट्रिक टनों से कितना नाइट्रिक अम्ल प्राप्त हो सकता है ?
7. उन महत्त्वपूर्ण नाइट्रोजन के यौगिकों के नाम दीजिए जो कि
   (1) उर्वरकों, (2) विस्फोटकों, व (3) प्रयोगशाला अभिकर्मकों के रूप में प्रयुक्त होते हैं।
8. फ़ॉस्फ़ोरस के अपररूप क्या हैं ? इस तत्त्व के कुछ महत्त्वपूर्ण यौगिकों के नाम दीजिए।
9. नाइट्रेटों व फ़ॉस्फ़ेटों के परीक्षण के लिए गुणात्मक परीक्षण दीजिए।
10. रासायनिक अभिक्रियाओं की सहायता से निम्न के मध्य हुई अभिक्रियाओं का वर्णन करिए :
    (1) अमोनियम हाइड्रॉक्साइड व कॉपर सल्फ़ेट;
    (2) कॉपर व नाइट्रिक अम्ल;
    (3) कैल्सियम फ़ॉस्फ़ेट व सल्फ़्यूरिक अम्ल।

अध्याय 17

जीवन की व्यवस्था

17.1 जैव व्यवस्था के स्तर

एक फूल उस मिट्टी से भिन्न होता है जिसमें वह पैदा होता है। इसी प्रकार मछली उस जल से भिन्न है जिसमें वह रहती है। फूल तथा मछली दोनों में एक स्तर तक जीवन की व्यवस्था है जिससे वह जीवन संबंधी विभिन्न कार्य करते हैं। जीवित पदार्थों की व्यवस्था कई भिन्न-भिन्न स्तरों पर देखी जा सकती है। जीवित पदार्थों की सबसे बड़ी व्यवस्था एक पूर्ण जीवधारी है चाहे वह पादप हो या जन्तु। जीवन की यह बड़ी इकाई जैव व्यवस्था की एक जटिल स्थिति है। प्रत्येक जीव बहुत से अंगों से मिलकर बनता है। प्रत्येक अंग बहुत से ऊतकों से निर्मित होता है। जबकि प्रत्येक ऊतक बहुत सी एक जैसी कोशिकाओं का समूह होता है। एक कोशिका जीवधारी की सबसे छोटी आकारिक इकाई होती है। अगर कोशिका को पुनः छोटे-छोटे भागों में बांटा जाए तो यह पता चलता है कि प्रत्येक कोशिका कार्बनिक तथा अकार्बनिक अणुओं से बनी रचना है। अणु किसी भी जीवित पदार्थ की सबसे छोटी इकाई है।

आइये, अब जैव व्यवस्था के भिन्न-भिन्न स्तरों का विस्तृत अध्ययन करें।

17.1-1 उच्च स्तरीय व्यवस्था

जीवमंडल जैव व्यवस्था की सबसे बड़ी इकाई है जिसमें पृथ्वी के विभिन्न भौगोलिक भाग सम्मिलित किए जाते हैं। विभिन्न भौगोलिक क्षेत्रों में पादपों तथा जन्तुओं में विभिन्नता पाई जाती है। विभिन्न भौगोलिक क्षेत्रों में पादपों तथा जन्तुओं के "प्राकृतिक पारिस्थितिक

वर्ग" बायोम कहे जाते हैं। इस प्रकार जीवमंडल में संसार के सभी भिन्न-भिन्न 'बायोम' आते हैं जैसे कि जलीय, स्थलीय या आकाशीय जैव व्यवस्थाएँ (चित्र 17.1)।

बायोम या "ईकोसिस्टम" जीवमंडल की तुलना में जैव-व्यवस्था की एक छोटी इकाई है। वह जीवधारी जो कि एक निश्चित भौगोलिक क्षेत्र में रहते हैं तथा उस क्षेत्र का प्राकृतिक वातावरण मिलकर "बायोम" की रचना करते हैं। प्रत्येक इकोसिस्टम में विभिन्न समुदाय या जीवधारी पाए जाते हैं जो कि उस ईकोसिस्टम के अजीवित वातावरण पर निर्भर रहते हैं।

समुदाय के अंतर्गत एक विशिष्ट क्षेत्र के विभिन्न पादपों तथा जन्तुओं के समष्टि आते हैं जो कि एक दूसरे पर जीवित रहने के लिए आश्रित रहते हैं। इसी प्रकार समष्टि पुनः जैव व्यवस्था की समुदाय की तुलना में छोटी इकाई है। प्रत्येक समष्टि में पादपों तथा पौधों की विभिन्न जातियाँ पाई जाती हैं। एक ही प्रकार के जीवधारी जो कि एक ही क्षेत्र में साथ-साथ रहते हैं तथा एक दूसरे को जीवन संबंधी कार्यों में सहायता देते हैं (कम से कम लैंगिक प्रजनन में) एक "जाति" (स्पीशीज) का निर्माण करते हैं। एक स्पीशीज में बहुत से व्यष्टि या जीव होते हैं। उच्च स्तर व्यवस्था की इकाई एक समष्टि है। इस प्रकार उच्चतर व्यवस्था की शृंखला इस प्रकार होगी :

जीवमंडल←बायोम←समुदाय←समष्टि←व्यष्टि (जीव) देखिए चित्र 17.1, पृष्ठ 193 पर।

17.1-2 जीव की अंग व्यवस्था

तुमने प्याज के शल्क को सूक्ष्मदर्शी में देखा होगा। यह बहुत सी कोशिकाओं का बना होता है। इसी प्रकार मनुष्य का शरीर भी बहुत सी कोशिकाओं का बना होता है परंतु सभी कोशिकाएँ एक जैसी नहीं होती हैं। ये कोशिकाएँ मिलकर भिन्न-भिन्न कार्यों के लिए भिन्न-भिन्न प्रकार के ऊतकों का निर्माण करती हैं। उदाहरण के लिए एपीथीलियल ऊतक, संयोजी ऊतक तथा तंत्रिका ऊतक आदि। विभिन्न प्रकार के ऊतक पुनः मिलकर अंगों का निर्माण करते हैं। अपने शरीर में वृक्क, यकृत, आमाशय, आदि विभिन्न अंग हैं। प्रत्येक कई प्रकार के ऊतकों से निर्मित होते हैं। इस प्रकार व्यवस्थित जीवन की सबसे बड़ी इकाई व्यष्टि या जीव है। इस प्रकार की व्यवस्था को अंग व्यवस्था कहते हैं। जीव की अंग व्यवस्था की शृंखला इस प्रकार होगी :

व्यष्टि या जीव←अंग तंत्र←अंग←ऊतक←कोशिकाएँ

17.1-3 कोशकीय संगठन

कोशिका जीव द्रव्य की वह रचना है जो कि प्लाज्मा झिल्ली में घिरी रहती है। इसमें एक केन्द्रक होता है। यह व्यवस्था का दूसरा भाग है जो कि सभी जीवितों में पाया जाता है। इसे हम कोशिकीय व्यवस्था कहते हैं। कोशिकाएँ सभी जीवों की रचनात्मक एवं कायिक इकाई हैं। यथार्थ में जीव-जन्तुओं के शरीर कोशिकाओं तथा उनसे उत्पादित पदार्थों से ही बने हैं।

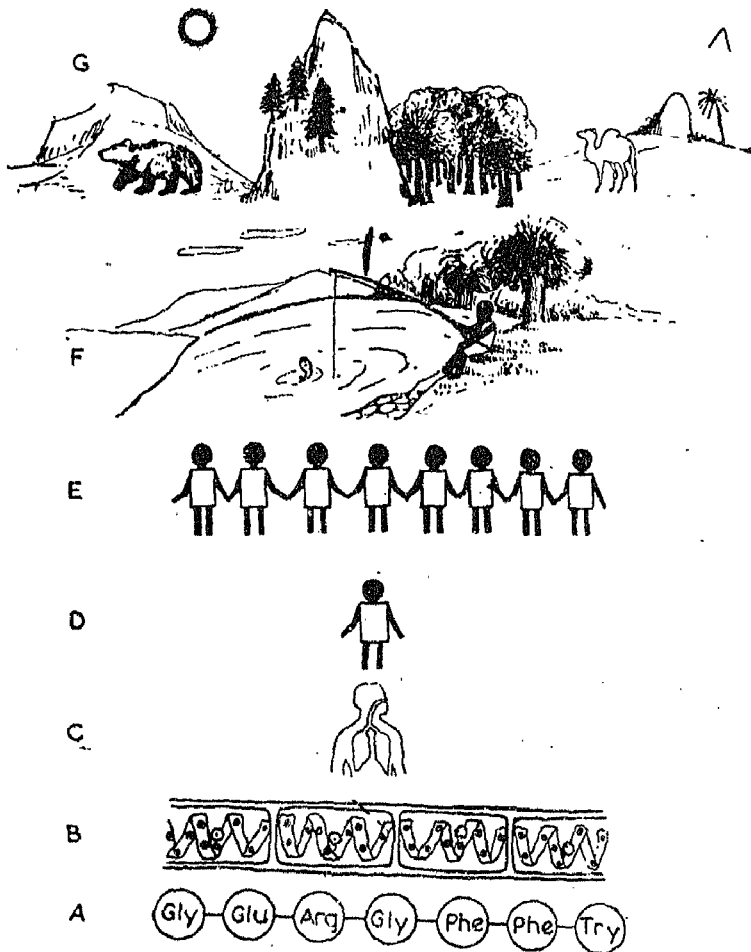
17.1-4 आण्विक संगठन

अधिकतर सजीवों में पाए जाने वाले रासायनिक तत्त्व विशेष प्रकार के अणु जैसे प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट, वसा, न्यूक्लिक अम्ल तथा विटामिन आदि के रूप में होते हैं। इनके अतिरिक्त उसमें कुछ अकार्बनिक लवण तथा पानी भी पाया जाता है। दो विशेष प्रकार के अणु, प्रोटीन तथा न्यूक्लिक अम्ल जीवन के मूल आधार हैं।

सभी जीवितों में न्यूक्लियोप्रोटीन अणुओं के अतिरिक्त ऊपर बताए हुए सभी पदार्थ क्रमबद्ध होकर विशेष रूप में इकट्ठे रहते हैं। पदार्थों के इस जटिल रूप को प्रोटोप्लाज्म या जीव द्रव्य कहते हैं। जीव द्रव्य में जीवन के सारे गुण—उपापचय, उत्तेजनशीलता तथा प्रजनन आदि पाए जाते हैं। जीव द्रव्य की संरचना और क्रिया कभी भी स्थिर नहीं रहती है। इसकी रासायनिक तथा भौतिक अवस्थाएँ क्षण-क्षण में परिवर्तनशील रहती हैं। यही नहीं, विभिन्न भागों तथा भिन्न-भिन्न जन्तुओं में भी इसकी विशिष्टताएँ बदलती रहती हैं। जीव द्रव्य में अणुओं की यह व्यवस्था भी जैव व्यवस्था का एक भाग है, इसे आण्विक व्यवस्था कहते हैं।

17.2 कोशिका-संरचना तथा कार्य

17.2-1 कोशिका सिद्धांत

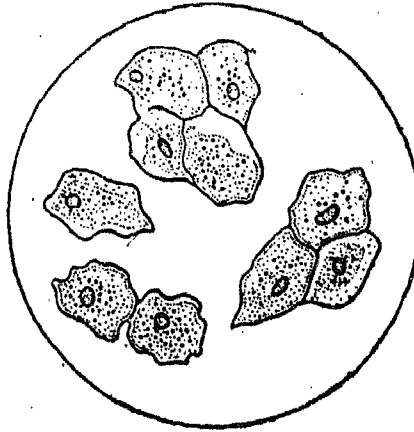
वैज्ञानिकों को कोशिका के स्वभाव तथा उसके कार्यों को समझने के लिए काफी लम्बा समय लगा। वैज्ञानिकों की कई पीढ़ियों के कार्य के फलस्वरूप कोशिका की प्रकृति तथा जैव जगत में उसके महत्त्वपूर्ण स्थान का परिचय मिला। इस अध्ययन में प्रगति उपयुक्त आवर्धक लैंस तथा सूक्ष्मदर्शी के निर्माण के साथ होती गई।

चित्र 17.1 जैव व्यवस्था के विभिन्न स्तर : (A) आण्विक स्तर, (B) कोशिकीय स्तर, (C) अंग स्तर, (D) व्यष्टि या जीव स्तर, (E) समष्टि स्तर, (F) ईकोसिस्टम या पारितंत्र, तथा (G) जीवमंडल ।

बहुत पहले, 1665 में एक अंग्रेज वैज्ञानिक राबर्ट हूक ने कार्क की पतली परत काटकर स्वयं निर्मित सूक्ष्मदर्शी में देखा। उसने बताया कि कार्क में बहुत से छोटे-छोटे कोष्ठ होते हैं। इन कोष्ठों को उसने कोशिका का नाम दिया। परंतु यहाँ यह बात ध्यान देने योग्य है कि हूक का सूक्ष्मदर्शीय अध्ययन इटली के वैज्ञानिक गैलीलियो (लगभग 1610) के अध्ययनों से प्रभावित था। 'हूक' का अध्ययन एंटनीवान लीवेन हॉक (1632-1723) नामक हालैण्ड के वैज्ञानिक के अध्ययन से भी प्रभावित था। लीवेनहॉक ने सबसे पहले एक सरल सूक्ष्मदर्शी बनाया था जिससे उसने जीवित आकारों को देखा था।

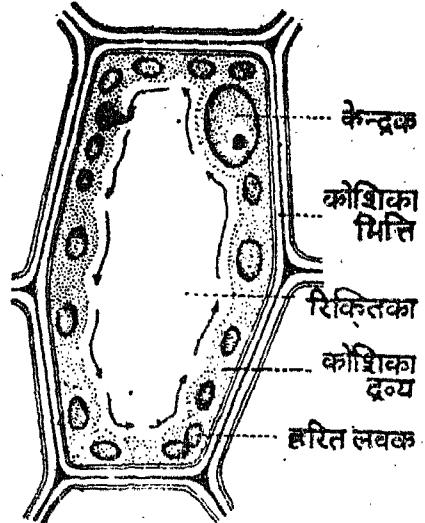
'राबर्ट हूक' की खोज के बाद कोशिका सिद्धांत के प्रतिपादन में लगभग 200 वर्ष लगे। 1938 में दो जर्मन वैज्ञानिकों 'मेथियस, जेकब श्लीडन' तथा 'थिओडर श्वान्न' ने कोशिका सिद्धान्त को प्रतिपादित किया था। इस सिद्धान्त के अनुसार सभी पादप तथा जन्तु कोशिकाओं के बने होते हैं तथा नई कोशिकाएँ पूर्व कोशिकाओं से बनती हैं। पिछले तीन दशकों में नए यंत्रों, जैसे कि अल्ट्रासेन्ट्रीफ्यूज, इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी, फेज कन्ट्रास्ट सूक्ष्मदर्शी, आदि का आविष्कार होने के कारण अब यह संभव हो सका है कि कोशिका के अंदर की रचना तथा उसके कार्यों को समझा जा सकता है। इन यंत्रों से कोशिका की इतनी अधिक विस्तृत रचना ज्ञात की जा रही है कि जिसके बारे में पहले सोचना भी संभव नहीं था।

17.2-2 जन्तु तथा पादप कोशिकाओं का निरीक्षण

प्रयोग 1

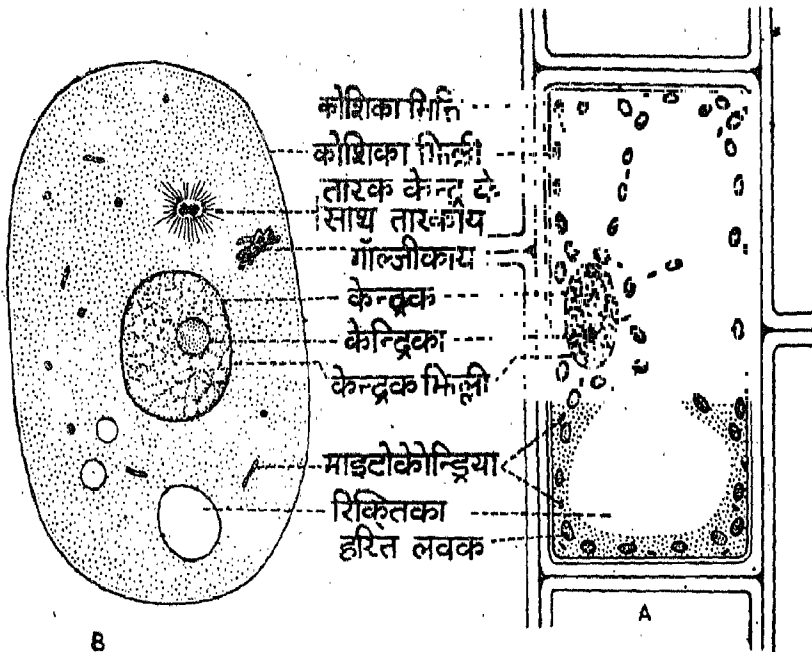
1. दाँत कुरेदने की स्वच्छ लकड़ी से या स्वच्छ स्लाइड की सहायता से गालों के अंदर की ओर से त्वचा को खरोंच लो।
2. खरोंचा हुआ पदार्थ दूसरी स्वच्छ स्लाइड पर रखकर धीरे-धीरे रगड़ो।
3. उसमें एक या दो बूँद पानी मिलाओ।
4. दो पिनों की सहायता से कोशिकाओं को अलग-अलग करो।
5. अब इसमें 0.5 प्रतिशत 'जेनस ग्रीन' के जलीय घोल की दो बूँदें डालो तथा उसे दो मिनट तक रखा रहने दो।
6. उसके ऊपर एक कवरस्लिप रखकर उसे साधारण सूक्ष्मदर्शी में देखो।
7. अधिक आवर्धन के लेंस की सहायता से कोशिका के विभिन्न भागों को देखो।
8. नामांकित चित्र बनाओ (चित्र 17.2)।

चित्र 17.2 सूक्ष्मदर्शीय गालों के एपीथीलियमी ऊतक

प्रयोग 2

1. हाइड्रिला या इलोडिया (जलीय पौधों) के तने का एक भाग लो।
2. एक तेज नुकीली फॉरसेप की सहायता से तने के अग्र भाग से एक पत्ती तोड़ो।
3. जल्दी से इसे एक साफ स्लाइड पर पानी में रखो।
4. कोशिकाओं को सूक्ष्मदर्शी की अल्प शक्ति में निरीक्षण करके एक ऐसी कोशिका छाँट लो जिसमें हरे कण चलते हुए दिखें।
5. अब इसे सूक्ष्मदर्शी की उच्च शक्ति में रखकर कोशिका की आंतरिक रचना तथा कोशिका द्रव्य में प्रवाही गति को देखो।
6. विस्तृत चित्र बनाओ एवं कोशिकांगों को नामांकित करो (चित्र 17.3)।

चित्र 17.3 हाइड्रिला की पत्ती की कोशिका। तीर कोशकीय द्रव्य की गति को दर्शाता है।

17.2-3 कोशिकाओं की संरचना

अब तक तुमने पौधों और जन्तुओं की कई प्रकार की कोशिकाओं का निरीक्षण, चित्रांकन एवं पहचान की है। तुमने यह देखा होगा कि विभिन्न प्रकार के जीवों तथा एक ही बहु-कोशिकीय जीव की कोशिकाओं में आकार, आकृति और आंतरिक रचना में कई अंतर होते हैं।

कोशिका की ऊपरी सतह एक बहुत नाजुक तथा लचीली झिल्ली से घिरी रहती है जिसे कोशिका झिल्ली या प्लाज्मा झिल्ली कहते हैं। यह अर्ध पारगम्य होती है। कोशिका झिल्ली चुनकर कुछ पदार्थों को कोशिका के अंदर या बाहर आने-जाने देती है। यह कोशिका की रक्षा के साथ-साथ उसके आंतरिक वातावरण को उचित अवस्था में बनाए रखती है। पौधे की कोशिका में प्लाज्मा झिल्ली के बाहर एक निर्जीव सेलुलोज की बनी कड़ी भित्ति होती है

चित्र 17.4 कोशिका के अंग : (A) पादप कोशिका (B) जन्तु कोशिका

जिसे कोशिका भित्ति कहते हैं। कोशिका भित्ति पादप कोशिकाओं की रक्षा के साथ-साथ उनकी आकृति को निर्धारित करती है (चित्र 17.4)।

कोशिका झिल्ली के अंदर सम्पूर्ण कोशिका में जेली के समान एक अर्धपारदर्शी पदार्थ भरा होता है जिसे कोशिका द्रव्य कहते हैं। इसमें बहुत सी छोटी-छोटी आकृतियाँ तथा कण होते हैं। इनमें से अधिकांश कोशिका की जैव क्रियाओं के स्थान हैं। इनको कोशिकांग कहते हैं। अन्य कई कण उपापचय की क्रियाओं के उत्पादन हैं जैसे वसागोलक, मंड, ग्लाइकोजेन, आदि। कोशिका द्रव्य में एक या एक से अधिक जो खाली जगह सी मालूम होती है उन्हें रिक्तिकाएँ कहते हैं। वास्तव में इनमें पानी जैसा द्रव (कोशिका सैप) भरा होता है। रिक्तकाएं जन्तु कोशिकाओं में कभी-कभी ही दिखाई देती हैं और आकार में भी छोटी होती हैं।

कोशिका में अपेक्षाकृत सघनतर एवं स्पष्ट एक गोलाकार या अंडाकार रचना होती है जिसे केन्द्रक कहते हैं।

केन्द्रक से बिल्कुल सटी एक गोलाकार रचना तारकाय या सेन्ट्रोजोम होती है जिसमें एक या दो बिंदु की तरह के तारक केन्द्र या सेन्ट्रिओल होते हैं। कोशिका विभाजन के समय इनसे कई सूक्ष्म धागेनुमा अपरिवर्तित किरणें फूटती हैं जिन्हें तारक किरणें कहते हैं। पादप कोशिकाओं में सेन्ट्रोसोम या तारकाय नहीं होता।

महत्त्वपूर्ण कोशिकांगों में से एक माइटोकोन्ड्रियोन है। यह सूक्ष्म छड़ों या धागों जैसा, दानेदार या गोलाकार होता है। माइटोकोन्ड्रिया का कार्य कोशिकीय श्वसन का संपादन है। कोशिका द्रव्य में ही छोटे-छोटे समूह में सूक्ष्म नलिकाओं तथा थैलियों की एक आकृति होती है जिसे गॉल्जी उपकरण या जलिकाय (केवल पादपों में) कहते हैं। ये आकृतियाँ कोशिका में तथा उसके बाहर वस्तुओं को भेजने का कार्य करती हैं। प्रोटीन तथा अन्य वस्तुओं का सांद्रीकरण भी इनके द्वारा होता है।

पादप कोशिकाओं में छोटे-छोटे विशेष प्रकार के विविध आकार प्रकार के कोशिकांग पाए जाते हैं जिन्हें लवक (प्लास्टिड) कहते हैं। इनमें से हरे रंग वाले हरित लवक सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण हैं। ये सूर्य के प्रकाश से ऊर्जा ग्रहण कर लेते हैं तथा जल एवं कार्बन डाइऑक्साइड से कार्बोहाइड्रेट या अन्य शर्कराओं का संश्लेषण करते हैं। कुछ रंगहीन लवक (अवर्णीलवक) का कार्य खाद्य-संचय होता है। हरे रंग के अतिरिक्त दूसरे रंगों वाले (लाल, पीले) लवक भी होते हैं जिन्हें वर्णीलवक कहते हैं। फूलों, फलों और बीजों का रंग इन्हीं लवकों की देन है।

कुछ कोशिकाएं (शुक्राणु) तथा एककोशिकीय जीव जैसे युग्लीना एक जीवद्रव्य समान

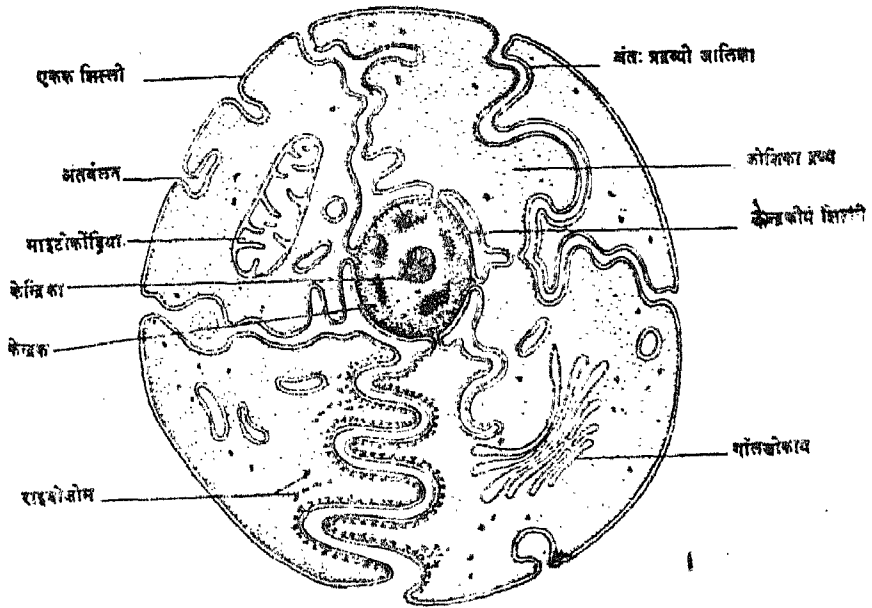
रेशेदार रचना, कशाभिका, की सहायता से चलते हैं। पैरामीशियम के शरीर पर तथा अन्य कोशिकाओं में छोटी-छोटी बाल जैसी रचनाएँ, पक्ष्माभिका या सीलिया, होती हैं जिनका कार्य कशाभिका जैसा ही होता है।

साधारणतः केन्द्रक गोलाकार या अंडाकार होता है लेकिन कुछ उदाहरणों में यह लंबा या अनिश्चित आकृति का होता है। केन्द्रक कोशिका द्रव्य के मध्य में या बगल में हो सकता है। केन्द्रक कोशिका के उपापचय की क्रियाओं पर नियंत्रण रखता है। यदि केन्द्रक को निकाल दिया जाए तो कोशिका में सृजनात्मक क्रियाएँ नहीं होतीं और कोशिका केवल कुछ समय तक ही जीवित रह पाती है। एक अलग किया हुआ केन्द्रक जीव द्रव्य का निर्माण नहीं कर सकता। कोशिका की तरह ही केन्द्रक एक पतली पारदर्शी झिल्ली से घिरा रहता है जिसे केन्द्रकीय झिल्ली कहते हैं। झिल्ली अंतर के तरल पदार्थ को घेरती है जिसे केन्द्रक द्रव्य या केन्द्रक रस कहते हैं। केन्द्रक में सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण रचना क्रोमेटिन होती है। ये यद्यपि देखने में दानेदार धब्बों जैसी लगती हैं पर वास्तव में ये सूक्ष्म वक्रीय सूतों के अंग हैं। ये गुणसूत्र कोशिका विभाजन के समय स्पष्ट दिखने लगते हैं। गुणसूत्र, अति सूक्ष्मकण जीन की लंबी शृंखला है जो कि आनुवंशिक गुणों के वाहक हैं। प्रत्येक केन्द्रक के अंदर एक या एकाधिक गोलाकार आकृति होती है जिसे केन्द्रिका कहते हैं। यह केन्द्रक से अधिक गहरे रंग की नज़र आती है। केन्द्रिका में राइबोज़ न्यूक्लिक अम्ल (आर० एन० ए०) प्रचुर मात्रा में पाया जाता है।

17.2.4 कोशिका एवं कोशिकांगों की इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी में रूपरेखा

इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी में छोटे से छोटे कोशिकांग का चित्र प्रकाश सूक्ष्मदर्शी की अपेक्षा बहुत स्पष्ट तथा विस्तृत आता है। इलेक्ट्रॉन माइक्रोग्राफ़ के दिए हुए चित्र से आओ हम कोशिकाओं की संरचना का अध्ययन करें (चित्र 17.5)।

कोशिका झिल्ली प्रकाश सूक्ष्मदर्शी में लगभग अदृश्य थी। लेकिन इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी में यह तीन परतों की बनी दिखाई देती है। दो सघन परतों के बीच में एक असघन परत है। सघन परतें प्रोटीन की तथा असघन परत वसा की द्विआण्विक परत होती है। कोशिका झिल्ली ही नहीं कोशिकाओं में पाई जाने वाली अन्य झिल्लियाँ भी इस मौलिक झिल्ली जैसी ही होती हैं।

कोशिका द्रव्य भी समरूप पदार्थ नहीं होता वरन् यह झिल्लियों तथा आकृतियों से भरा प्रतीत होता है। स्पष्ट लंबी झिल्लियाँ कोशिका द्रव्य में गुज़रती दिखती हैं। विभिन्न कोशिकाओं में यह झिल्ली संस्थान कम या ज्यादा होता है, कहीं-कहीं तो यह बिल्कुल नहीं दिखता। इन

चित्र 17.5 इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी में दिखाई देने वाली कोशिका का रेखाचित्र

झिल्लियों, थैलों या नलिकाओं जैसे जाल तंत्र को अंत: प्रद्रव्यी जालिका (एंडोप्लाज्मिक रैटीकुलम) कहते हैं। कुछ कोशिकाओं में इसकी झिल्ली चिकनी होती है। लेकिन कुछ कोशिकाओं में इन झिल्लियों के ऊपर कण लगे रहते हैं। इन कणों को राइबोसोम या प्रोटीन निर्माणक कण कहते हैं। अंत: प्रद्रव्यी जालिका की कुछ झिल्लियाँ कोशिका झिल्ली पर जाकर खुलती हैं तथा कुछ केन्द्रक झिल्ली पर। अंत: प्रद्रव्यी जालिका पदार्थों का कोशिका द्रव्य में संचार करती है। इन पर लगे कणों द्वारा प्रोटीन-निर्माण का कार्य होता है तथा नव निर्मित प्रोटीन संभवतः इस नलिका संस्थान की नलिकाओं द्वारा संचारित होता है। इनके द्वारा कोशिका का सतही तल अधिक बढ़ जाता है।

राइबोसोम ऐसे कण हैं जो केवल इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी से ही देखे जा सकते हैं। ये प्रायः अंत: प्रद्रव्यी जालिका से जुड़े होते हैं या कोशिकाद्रव्य में बिखरे अकेले या गुच्छों में पाए जाते

हैं। राइबोसोम के गुच्छों को पॉलिराइबोज़ोम या पालिसोम भी कहते हैं। राइबोसोम प्रोटीन तथा आर० एन० ए० का बना होता है। ये ही वे कण हैं जहाँ अमीनो अम्ल के संयोजन से प्रोटीन संश्लेषित होते हैं। पौधों की कोशिकाओं में रिक्तकाएँ एक झिल्ली, टोनोप्लास्ट, से घिरी रहती हैं।

गॉल्जीकाय थैलियों या गुब्बारों के एक के ऊपर एक रखे ढेर सा प्रतीत होता है। कुछ विशेष प्रकार के पदार्थ, जैसे वसा, श्लेष्मा, या स्रावी पदार्थ यहाँ इकट्ठे किए जाते हैं तथा उन्हें कोशिका से बाहर निकाल देने में यह तंत्र मदद करता है। इस संस्थान से अणुओं के समूह अन्य कोशिकाओं को भी निर्यात होते हैं।

माइटोकोन्ड्रिया दोहरी झिल्ली की दीवार वाली थैलियों की तरह दिखती हैं जिनमें बाहरी तथा भीतरी दो क़िस्मों की झिल्लियाँ होती हैं। इनकी भीतरी झिल्ली स्थान-स्थान पर भीतर की तरफ मुड़ी रहती है जिसमें छोटे-छोटे अंगुली की तरह के उभार बन जाते हैं। इन्हें 'क्रिस्टी' कहते हैं। क्रिस्टी के कारण झिल्ली की सतह का क्षेत्र बढ़ जाता है। माइटोकोन्ड्रिया में कई श्वसन प्रकिण्व (एन्ज़ाइम) होते हैं जो कि ऊर्जा उत्पादन से संबंधित हैं। इसमें डी० एन० ए० भी पाया जाता है।

लाइसोजोम भी बहुत ही सूक्ष्म कोशिकांग है। लाइसोजोम देखने में बाहर से बिल्कुल माइडोकोन्ड्रिया जैसे होते हैं लेकिन इनमें क्रिस्टी नहीं होते। इनका आकार भी छोटा होता है। यदि लाइसोजोम टूट जाएँ जैसे कोशिका पर आघात होने से होता है तो ऐसे प्रकिण्व इनमें से निकलते हैं जिनमें जीव द्रव्य को घुला देने की क्षमता होती है। इससे कोशिका की मृत्यु हो जाती है। इनके इस कार्य के अनुसार इन्हें 'आत्महत्या का थैला' कहते हैं।

केन्द्रक पर दोहरी झिल्ली का आवरण होता है। केन्द्रक झिल्ली छिद्रयुक्त होती है तथा अंतः प्रद्रव्यी जालिका से जुड़ी रहती है। केन्द्रक झिल्ली की संरचना बहुत कुछ कोशिका झिल्ली के समान होती है। यह केन्द्रक की सामग्री और केन्द्रक के बाह्य वातावरण, कोशिका द्रव्य, के बीच एक रुकावट है। इसके और कोशिका झिल्ली के आचरण में एक अंतर यह है कि केन्द्रक झिल्ली कोशिका विभाजन के समय लुप्त हो जाती है तथा बाद में फिर प्रकट हो जाती है। यह चयनात्मक या अर्ध पारगम्यता भी दर्शाती है। इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी द्वारा गुणसूत्र के स्थान पर क्रोमेटिन के काले धब्बे नजर आते हैं।

लवक, विशेषकर हरित लवक, हरे पौधों के महत्त्वपूर्ण कोशिकांग हैं। यह भी झिल्ली की थैली जैसी रचना है जिसमें असंख्य झिल्लियों की परतों (प्रोटीन और वसा) का एक संस्थान

होता है जिसे ग्रैना कहते हैं। यह झिल्ली की पतली पटलिकाओं से बना होता है। ग्रैना को आश्रय देने वाला पदार्थ स्ट्रोमा कहलाता है। हरे रंग के पदार्थ के अणु, पूर्ण हरित जो सूर्य के प्रकाश से ऊर्जा ग्रहण कर लेते हैं, ग्रैना में क्रमबद्ध पाए जाते हैं। अवर्णी लवक में ग्रैना की परतें नहीं होतीं। इनमें कुछ ही पटलिकाएँ होती हैं। इनका सम्बन्ध खाद्य संचय से है। अन्य लवकों में केवल थोड़ा बहुत अंतर होता है। इनके रंग के अनुसार ही रंग वाले अणु भी अलग-अलग क़िस्म के होते हैं।

सेन्ट्रोसोम इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी में एक बेलन सा दिखता है जिसके चारों ओर नौ धागों की सी आकृतियाँ क्रम में स्थित होती हैं।

कशाभिका और पक्ष्माभिका की रचना एक जैसी होती है। उनके अनुप्रस्थ सैक्शन में नौ तंतु बाहर की तरफ नौ धागों का वृत्त बनाते हैं तथा अंदर दो धागे नज़र आते हैं।

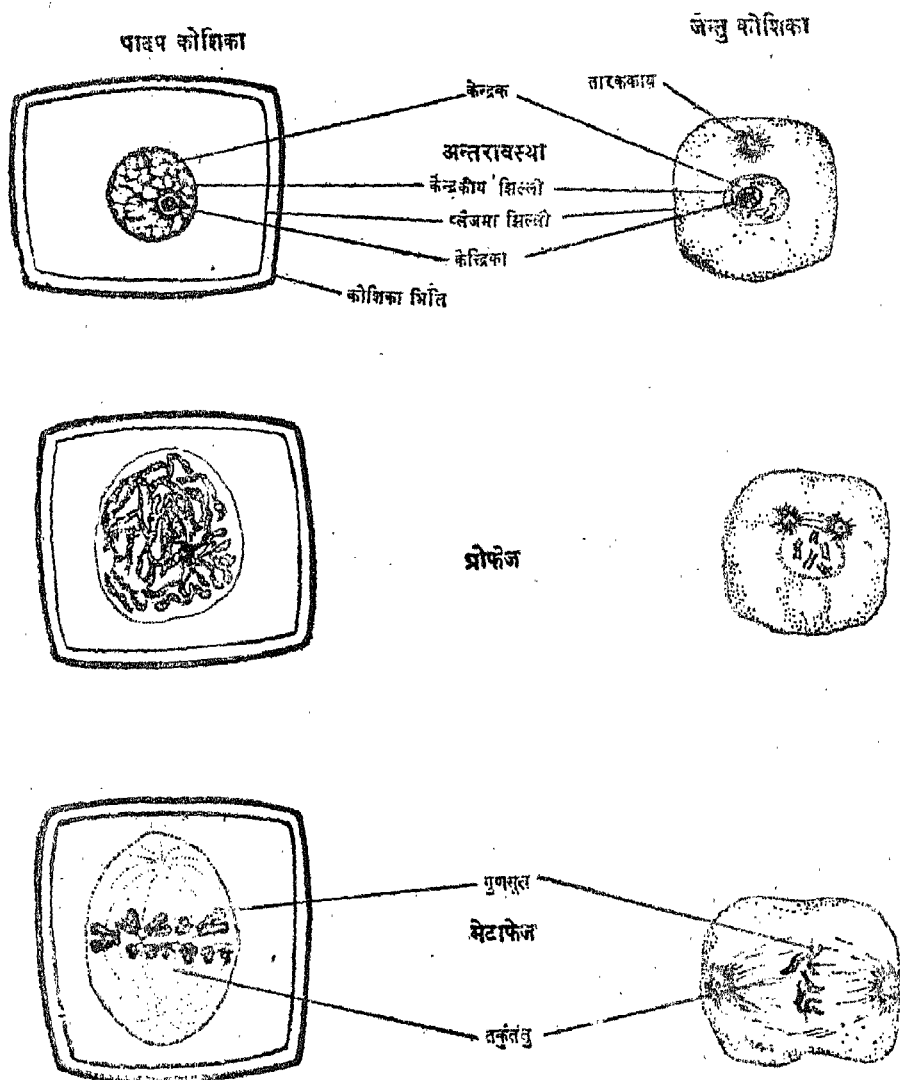
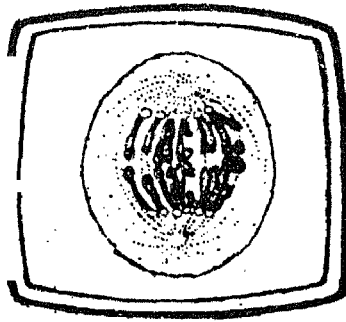
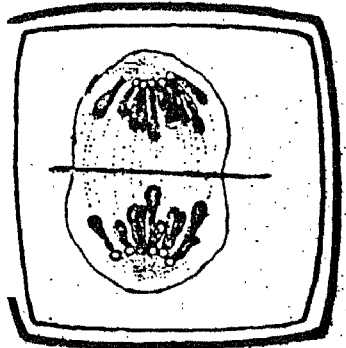
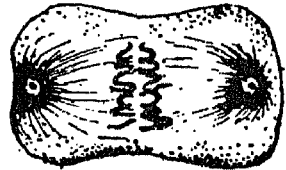
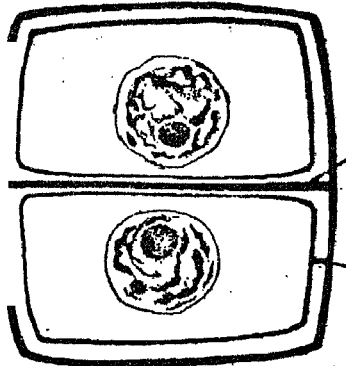
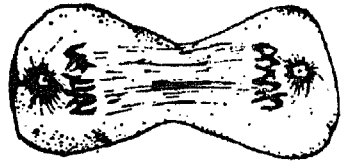
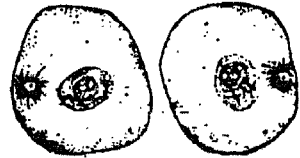
17.2-5 कोशिका विभाजन

प्रजनन की प्रक्रिया द्वारा स्वयं एक से दो हो जाना जैव पदार्थों का सर्वप्रमुख गुण है। यह प्रक्रिया कोशिका विभाजन के माध्यम से होती है। 'विभाजन द्वारा गुणन' गणित से असंभव हो सकता है, पर जैव जीवन का सबसे महत्त्वपूर्ण गुण है। कोशिका विभाजन की दो मुख्य विधियाँ हैं :

(1) माइटोसिस, तथा (2) मिओसिस।

माइटोसिस

माइटोसिस शब्द का अर्थ होता है केन्द्रक का विभाजन, लेकिन प्रायः इस शब्द का प्रयोग केन्द्रक तथा कोशिका द्रव्य दोनों के विभाजन के लिए किया जाता है। माइटोसिस में कोशिका विभिन्न अवस्थाओं में से गुजरती है तत्पश्चात् उससे दो कोशिकाएँ बन जाती हैं (चित्र 17.6)। कोशिकाओं की इन विभिन्न अवस्थाओं में कोई सुस्पष्ट अंतर नहीं दिखाई देता है। विभाजन से पहले कोशिका अपने को परिवर्तन के लिए तैयार करती है। इस अवस्था को अंतरावस्था या तैयारी अवस्था कहते हैं।

माइटोसिस द्वारा एक कोशिका से दो कोशिकाओं के बनने की प्रक्रिया को पाँच चरणों में बाँटा गया है। ये सभी चरण गतिक प्रक्रिया के अंग हैं। कोशिका विभाजन के प्रत्येक चरण

चित्र 17.6 (a) पादप तथा जन्तु कोशिका में माइटोसिस विभाजन

चित्र 17.6 (b) पादप तथा जन्तु कोशिका में माइटोसिस विभाजन

या पूर्ण प्रक्रिया में लगने वाला समय कोशिका के प्रकार तथा विभिन्न भौतिक तथा रासायनिक कारकों पर निर्भर करता है। कोशिका विभाजन की प्रक्रिया का प्रारंभ धागे सरीखे गुणसूत्र दिखाई देने के बाद होता है। प्रत्येक गुणसूत्र पहले से ही दो क्रोमेटिड में विभक्त होता है। लेकिन दोनों क्रोमेटिड एक दूसरे से सटे रहते हैं और वे एक स्थान पर आपस में जुड़े रहते हैं। गुणसूत्र के जुड़े हुए इस स्थान को सेंट्रोमियर कहते हैं। जन्तु कोशिका के विभाजन के प्रथम चरण (प्रोफेज) में तारककाय दो भागों में बँट जाते हैं। इस प्रकार बने दो तारककाय कोशिका के दो ध्रुवों पर चले जाते हैं। प्रत्येक ध्रुव पर ध्रुव कोशिका द्रव्य जैली सरीखा होकर तारे के आकार की रचना को बनाता है। इसे एस्टर कहते हैं। कोशिका द्रव्य में दोनों तारककाय के मध्य कुछ तंतु बन जाते हैं जिन्हें तर्कु तंतु कहते हैं। पादप कोशिकाओं में भी तर्कु तंतु होते हैं लेकिन उसमें तारककाय नहीं बनते हैं। प्रथम चरण के अंत में केन्द्रक झिल्ली तथा केन्द्रिका लुप्त हो जाते हैं।

दूसरा चरण (मेटाफेज) थोड़े ही समय के लिए रहता है। इस चरण में गुणसूत्र मध्यवर्ती पट्टी पर एकत्र हो जाते हैं। इस चरण के बाद तीसरा चरण (एनाफेज) आता है। इस चरण में गुणसूत्रों के क्रोमेटिड एक दूसरे से अलग हो जाते हैं और वे विपरीत ध्रुवों पर चले जाते हैं। चौथे चरण (टेलीफेज) में क्रोमेटिड ध्रुवों के समीप पहुँचने के बाद क्रोमेटिन के जालनुमा धागों में परिवर्तित होने लगते हैं। उसके बाद केन्द्रक झिल्ली फिर से बन जाती है। केन्द्रक झिल्ली बनने के बाद प्रत्येक शिशु कोशिका में केन्द्रिका दिखाई देने लगती है।

चौथे विभाजन के बाद कोशिका झिल्ली मध्य में भीतर की ओर धंसना प्रारंभ कर देती है। अंततः कोशिका दो भागों में बंट जाती है। इस प्रकार हम देखते हैं कि पाँचवें तथा अंतिम चरण (कोशिका द्रव्य विभाजन) में कोशिका द्रव्य विभक्त होता है। वास्तव में कोशिका द्रव्य विभाजन तीसरे चरण से ही आरंभ हो जाता है।

माइटोसिस एक कोशिकीय जीवों में प्रजनन की विधि भी है। बहुकोशिकीय जीवों में वृद्धि एवं विकास माइटोसिस पर ही निर्भर करता है। यह घावों को ठीक करने, ऊतकों के पुनर्जीवन तथा कोशिकाओं की सामान्य टूट-फूट को ठीक करने में महत्त्वपूर्ण कार्य करता है।

मिओसिस

सभी जीवों में गुणसूत्र जोड़े में होते हैं तथा एक स्पीसीज में उनकी संख्या एवं रूप निश्चित रहते हैं। वे जीव जो अलैंगिक प्रजनन करते हैं, उनमें कोशिकाएँ माइटोसिस द्वारा

विभाजित होती हैं। इस प्रकार इनमें गुणसूत्रों की संख्या में परिवर्तन की कोई गुंजाइश नहीं रह जाती। परंतु मनुष्य तथा अन्य लैंगिक प्रजनन करने वाले जीवों में नर तथा मादा क्रमशः शुक्राणु तथा अंडाणु बनाते हैं जो एक दूसरे से पूरी तरह मिलकर एक नए जीवन का निर्माण करते हैं। अगर ये दोनों युग्मक कोशिकाएँ माइटोसिस के परिणामस्वरूप बनतीं तो संतति में गुणसूत्रों की संख्या सामान्य से दूनी हो जाती। यह द्विगुणन की क्रिया आने वाली पीढ़ियों में होती रहती। परंतु ऐसा नहीं होता है और मनुष्य में केवल 23 जोड़े क्रोमोसोम या गुणसूत्र पाए जाते हैं। यह कार्य केवल एक विशिष्ट कोशिका विभाजन जिसे मिओसिस (अर्द्धसूत्री विभाजन) (चित्र 17.6) कहते हैं के द्वारा होता है। यह विभाजन केवल जनन कोशिकाओं में होता है। जनन कोशिकाओं में पहले अर्द्धसूत्री विभाजन (प्रथम मिओटिक विभाजन) होता है। इस विभाजन में क्रोमेटिड के स्थान पर एक गुणसूत्र (दो क्रोमेटिड) दूसरे गुणसूत्र से अलग हो जाता है। इससे दो कोशिकाएँ बनती हैं, प्रत्येक कोशिका में क्रोमोसोम की संख्या आधी होती है। यह दो संतति कोशिकाएँ माइटोसिस (द्वितीय मिओटिक विभाजन) से विभाजित होती हैं जिससे 4 कोशिकाएँ बनती हैं और प्रत्येक में गुणसूत्रों की संख्या आधी होती है। जनन के समय यह दो कोशिकाएँ (एक नर से तथा दूसरी मादा से) निषेचन के फलस्वरूप मिल जाती हैं जिससे गुणसूत्रों की संख्या पुनः प्राप्त कर ली जाती है।

इसके अतिरिक्त मिओसिस में एक अन्य महत्त्वपूर्ण घटना होती है। जब दो गुणसूत्र युग्मित होते हैं (प्रथम मिओटिक विभाजन के दौरान) तो इनसे क्रोमेटिड एक दूसरे से अपने कुछ हिस्सों की अदला-बदली कर लेते हैं। इस प्रकार के परिवर्तन के बाद प्राप्त गुणसूत्र अपने गुणों में गुणसूत्रों से भिन्न हो जाते हैं। यह अदला-बदली इन जीवों में आनुवंशिक विभिन्नता को उत्पन्न करती है तथा यद्यपि गुणसूत्रों की संख्या नहीं बदलती है परंतु उनके कुछ गुण बदल जाते हैं।

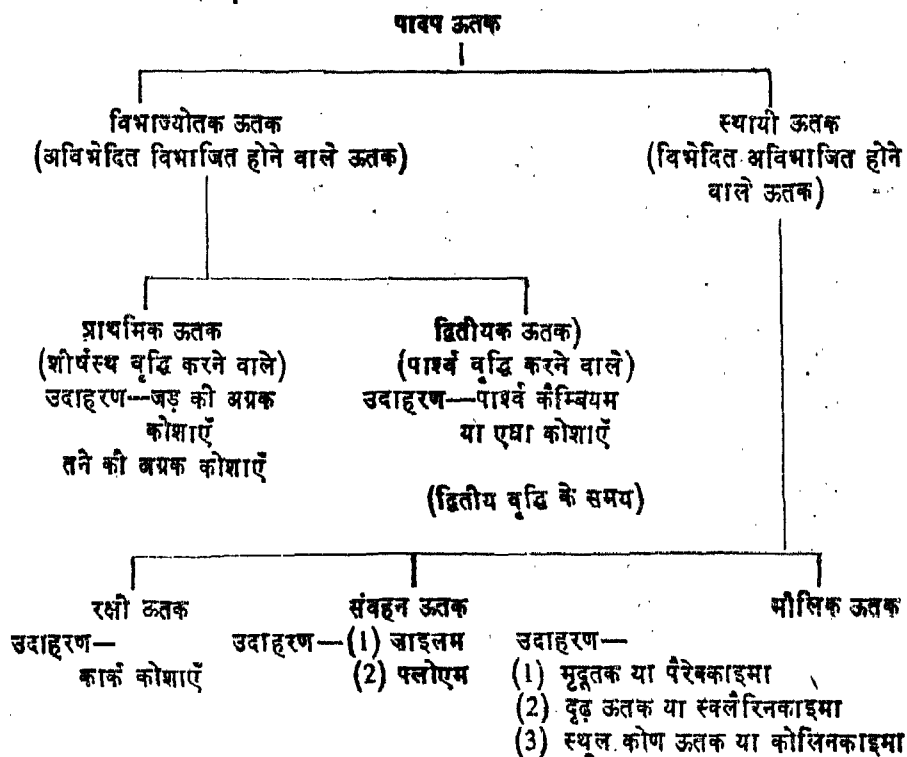
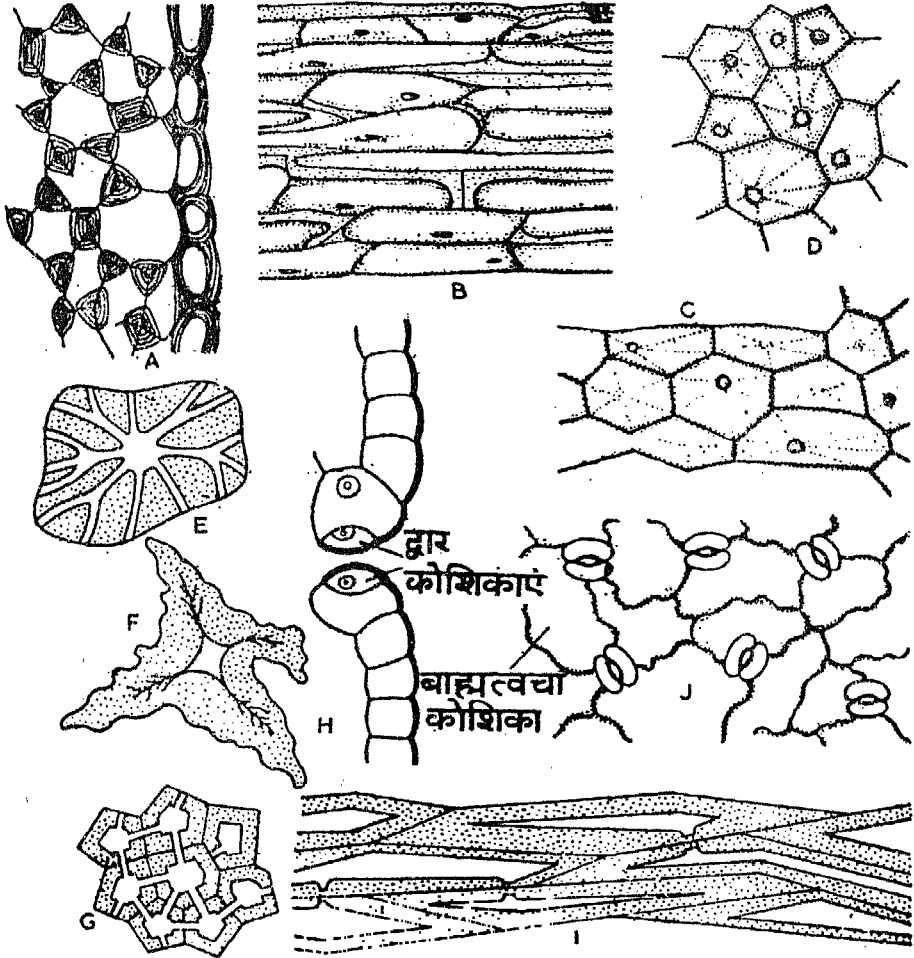
इस प्रकार मिओसिस की विशेषताएँ निम्न हैं :

1. प्रत्येक कोशिका से 4 कोशिकाएँ दो विभाजनों के फलस्वरूप बनती हैं।
2. संतति कोशिकाएँ जो इस प्रकार बनती हैं परिपक्व नर (शुक्राणु) या मादा (अण्डाणु) युग्मक बनाती हैं। जिनमें गुणसूत्रों की संख्या आधी होती है।
3. संतति कोशिकाओं के गुणसूत्र अपने जनकों से गुणात्मक रूप से भिन्न होते हैं।
4. इस प्रकार गुणसूत्रों की विभिन्नता एक ही जाति के जीवों को आकारिक विभिन्नता प्रदान करती है।

17.3 पादपों और जन्तुओं में ऊतक

एक कोशिकीय जीवों (क्लेमाइडोमोनास या अमीबा) में सारे जीवन कार्य जैसे पोषण, श्वसन या जनन, एक ही कोशिका द्वारा किए जाते हैं पर बहुकोशिकीय जीवों (गुलाब या मनुष्य) में सारी कोशिकाएँ सभी जीवन कार्य करने में भाग नहीं लेती हैं। एक-सी रचना वाली तथा एक विशेष कार्य करने वाली कोशिकाएँ एक स्थान पर रहती हैं। कोशिकाओं के ऐसे समूह को ऊतक कहते हैं।

17.3-1 पादप ऊतक

पादप ऊतकों को जिन भागों में विभाजित किया जाता है उनका विवरण निम्न तालिका और चित्र 17.7 में देखिए।

चित्र 17.7 पादपों के विभिन्न प्रकार के ऊतक : (A) स्थूल कोण ऊतक : अनुप्रस्थ काट, (B) स्थूल कोण ऊतक : अनुदैर्घ्य काट, (C) मृदूतक : अनुदैर्घ्य काट, (D) मृदूतक : अनुप्रस्थ काट, (E) दृढ़ ऊतक : अनुप्रस्थ काट, (F) दृढ़ ऊतक : सम्पूर्ण स्कलेरिड, (G) स्कलेरिड, (H) पत्ती की द्वार कोशिकाएँ, (I) दृढ़ ऊतक का अनुदैर्घ्य, (J) पत्ती की बाह्य त्वचा ।

विभाज्योतक

जड़ के अग्रक की तैयार की हुई स्लाइड को सूक्ष्मदर्शी में देखो तथा विभिन्न क्षेत्रों की कोशिकाओं के चित्र बनाओ (चित्र 17.8)।

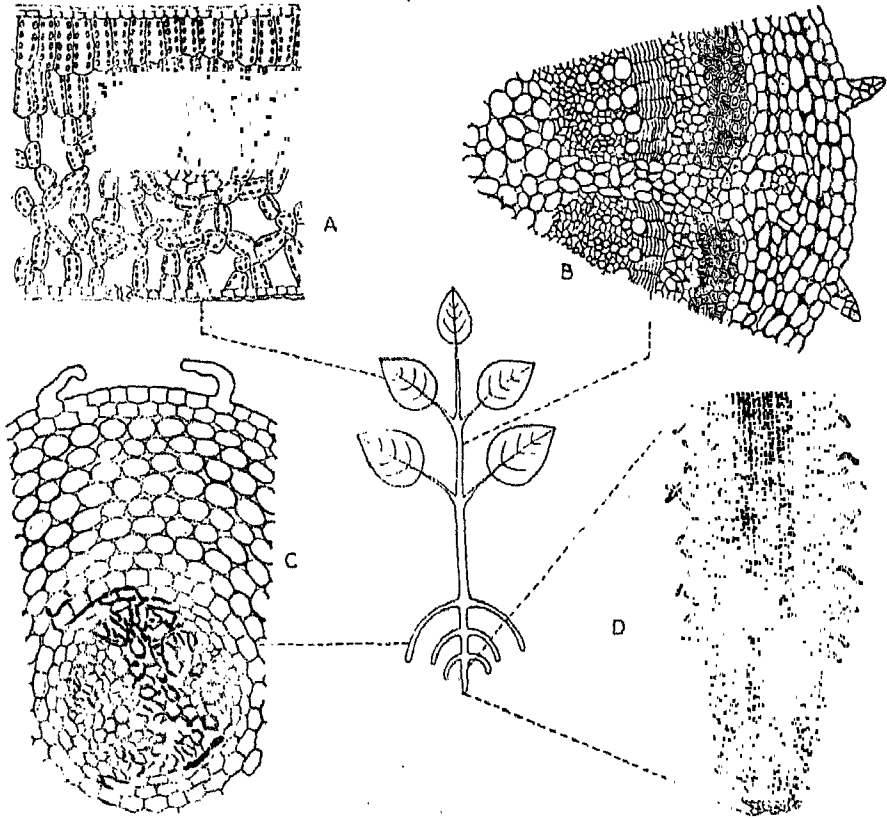
कोशिकाओं के ऐसे समूह को जो वृद्धि के लिए उत्तरदायी हैं विभाज्य ऊतक या विभाज्योतक कहते हैं। यह ऊतक पौधों के वर्धक भाग में होता है। विभाज्योतक जो कि तने या मूल के शीर्ष या अग्रक पर पाए जाते हैं शीर्षस्थ विभाज्योतक कहलाते हैं। ऐधा (कैम्बियम) भी एक विभाज्य ऊतक है। यह पौधों की मोटाई की वृद्धि में सहायक होता है। अतः इसे पार्श्वीय विभाज्योतक कहते हैं। शीर्षस्थ विभाज्योतकों की सक्रियता से पौधे लंबाई में तथा पार्श्वीय विभाज्योतकों की क्रिया से मोटाई में बढ़ते हैं। विभाज्योतक की कोशिकाएँ पतली भित्ति वाली होती हैं। इनमें रिक्तिकाएँ लगभग नहीं होतीं। सक्रिय वृद्धि की अवस्था में विभाज्योतकों में कोशिका विभाजन शुरू होता है जिससे नई कोशिकाओं का जन्म होता है। इन कोशिकाओं का विकास या अवकलन दूसरे प्रकार के ऊतकों में हो जाता है। बड़े पौधों में विभाज्योतक की कुल मात्रा समूचे पौधे की कुल मात्रा की तुलना में वस्तुतः नगण्य होती है।

रक्षी ऊतक

रक्षी ऊतक की कोशिकाएँ बाहरी सतह पर होती हैं जो अंदर के अन्य ऊतकों को बाहर से सुरक्षित रखती हैं। पत्तियों तथा कोमल तनों की बाहरी त्वचा में रक्षी ऊतक पाए जाते हैं। इन ऊतकों की कोशिकाओं की भित्ति अपेक्षाकृत मोटी होती है। कार्बनिक पदार्थ जैसे क्यूटिन या सूबेरिन की उपस्थिति के कारण ये जल अभेद्य बन जाती हैं।

प्रयोग

प्याज़ की शल्क तथा पत्ती की निचली बाह्य त्वचा को पानी में रखो तथा सूक्ष्मदर्शी में इनका अध्ययन करो।

दो प्रकार की बाह्य त्वचा की कोशिकाएँ अन्य कोशिकाओं से अधिक विशिष्ट होती हैं। उनमें से एक द्वार कोशिकाएँ हैं। जैसा कि तुम जानते हो ये कोशिकाएँ पत्तियों और हरे तनों की बाहरी सतह पर पाई जाती हैं। द्वार कोशिकाएँ अर्ध चंद्राकार एवं जोड़े में होती हैं। द्वार कोशिकाओं में हरित लवक होता है जो अन्य बाह्य कोशिकाओं में नहीं होता। उनकी अगली

चित्र 17.8 एक विकासशील पौधे के विभिन्न आंतरिक भाग
(A) पत्ती (B) तना (C) जड़ें (D) जड़ अग्रक ।

सतह एक दूसरे की ओर होती है । ऐसी दो युग्मित कोशिकाओं के बीच की खाली जगह को वायु रंध्र कहते हैं ।

द्वार कोशिकाएँ वायु रंध्र के खुलने तथा बंद होने की क्रिया को नियंत्रित करती हैं एक अन्य प्रकार की विशिष्ट बाह्य त्वचा की कोशिकाएँ 'मूल रोम कोशिकाएँ' कहलाती हैं

ये जड़ों के पार्श्व भाग में कोशिकाओं का धागों जैसा बढ़ाव है। ये जल अवशोषण में सहायता करती हैं। इनकी उपस्थिति से जड़ की अवशोषक सतह बढ़ जाती है।

पुराने तनों और जड़ों की कॉर्क कोशिकाएँ भी रक्षी ऊतक बनाती हैं। पुराने कॉर्क की परतों की कोशिकाएँ निर्जीव एवं मोटी हो जाती हैं। ये कॉर्क कोशिकाएँ विभाज्योतक के विशेष रूप, कॉर्क-एधा, से उत्पन्न होती हैं।

संवहन ऊतक

यह ऊतक पानी तथा घुले हुए पदार्थों का मूल रोम वाले भाग से पत्तियों तक और खाद्य पदार्थों का पत्तियों से पौधों के दूसरे भागों तक संवहन करता है।

संवहन ऊतक मुख्य रूप से दो प्रकार के होते हैं :

(1) जाइलम या दारु,

(2) फ़्लोएम।

प्रयोग

सूर्यमुखी के तने का अनुप्रस्थ एवं अनुदैर्घ्य सैक्शन काटो तथा सूक्ष्मदर्शी में निरीक्षण करो। ज़ाइलम और फ्लोएम भागों को पहचानो।

जाइलल ऊतक लंबी पतली नलिकाओं का बना होता है जो जड़ के सिरे से पत्तियों तक फैली रहती है। जब ये ऊतक विभाज्योतक से बनते हैं तब जीवित होते हैं। इन कोशिकाओं का कोशिका द्रव्य धीरे-धीरे कोशिका भित्ति को मोटा करने के बाद समाप्त हो जाता है। दो ज़ाइलम कोशिकाओं के बीच की दीवार भी समाप्त हो जाती है तथा लंबी नलिकाएँ बन जाती हैं। पूर्ण विकसित ज़ाइलम वाहिका खूब मोटी एवं निर्जीव होती है। ये वाहिकाएँ पानी और घुलित खनिजों का संवहन करती हैं। ये पौधों को दृढ़ता भी प्रदान करती हैं। हम जिसे लकड़ी कहते हैं वह वास्तव में जाइलम ऊतक का पुंज होता है।

फ़्लोएम ऊतक जिन कोशिकाओं से बने होते हैं उनमें चलनी-नलिका (सीवट्यूब) सबसे प्रमुख है। यह लंबी और नलिकाकार होती है। इनकी कोशिका भित्ति कम ही मोटी होती है।

चलनी-नलिकाओं में दो नलिकाओं के बीच में छिद्रयुक्त प्लेट होती है जिसे सीव प्लेट कहते हैं। इन छिद्रों के कारण भोजन पदार्थों का एक कोशिका से दूसरी कोशिका में बहाव आसानी से हो जाता है। फ्लोएम एक जीवित ऊतक है, जबकि जाइलम, तुम जानते हो कि निर्जीव है।

मौलिक ऊतक

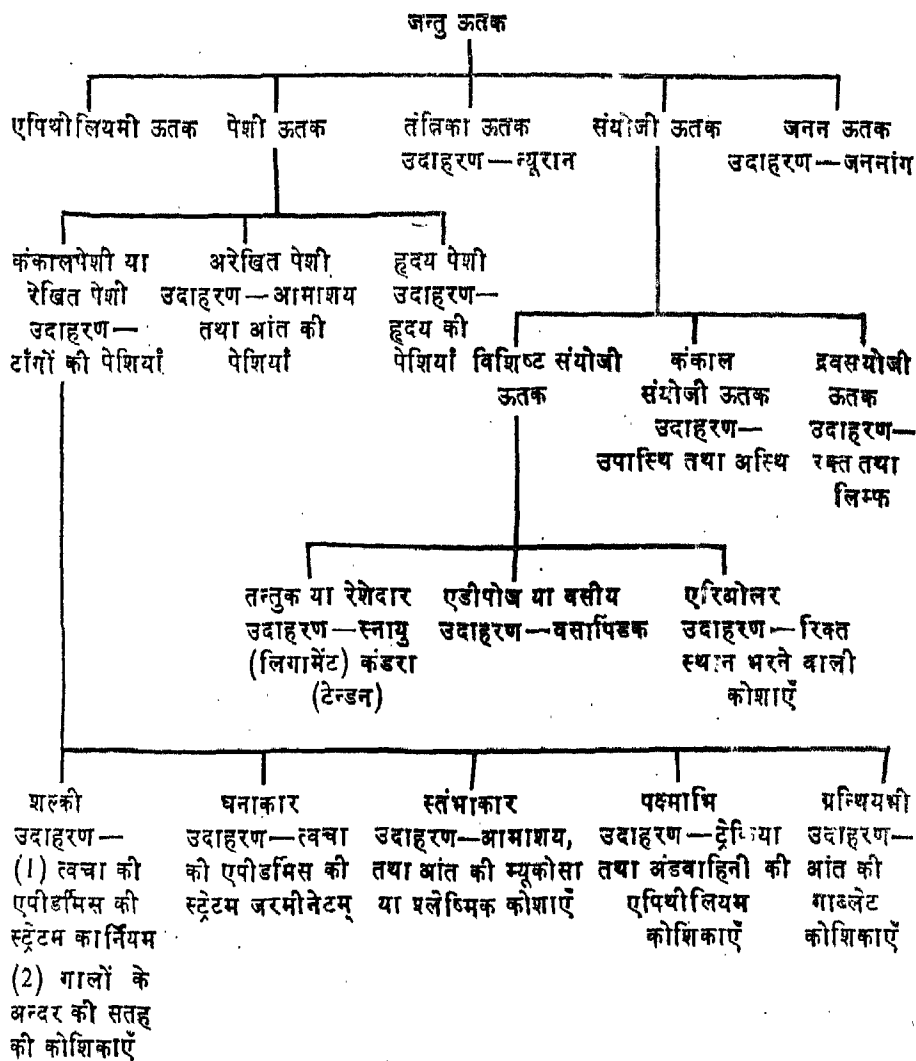
इस ऊतक में पौधे के शरीर की न्यूनतम विकसित कोशिकाएँ होती हैं। पत्तों, पुष्पों एवं फलों के कोमल भाग और तने के भीतरी एवं बाहरी (कोर्टेक्स) भाग में मौलिक ऊतक होते हैं। मौलिक ऊतक का एक बड़ा भाग पतली भित्ति वाली कोशिकाओं का होता है। ऐसी कोशिकाओं को मृदूतक कहते हैं। पत्तियों के पैलिसेड एवं स्पंजी ऊतक, तने की मज्जा की कोशिकाएँ तथा कोर्टेक्स की कुछ कोशिकाएँ मृदूतक होती हैं। ऐसी कोशिकाओं को जिनकी भित्ति केवल कोशिकाओं के जोड़ों पर ही मोटी होती है, स्थूलकोण ऊतक कहते हैं। इस प्रकार के मौलिक ऊतक अधिकतर विकसित होती हुई पत्तियों में तथा कोमल तनों के कोर्टेक्स में पाए जाते हैं।

एक अन्य प्रकार के मौलिक ऊतक जो पौधों में पाए जाते हैं दृढ़ ऊतक कहलाते हैं। दृढ़ ऊतक की कोशिकाएँ मृदूतक या स्थूलकोण ऊतक से अधिक विशिष्ट होती हैं। इनकी कोशिका भित्ति बहुत अधिक मोटी होती है। दृढ़ोतक की कशिकाएँ अधिकतर मृत एवं रेशेदार होती हैं। इस ऊतक का कार्य तने को सीधा रहने की शक्ति देना होता है। इसकी उपस्थिति के कारण ही पौधे हवा के झोंकों के विरुद्ध खड़े रह पाते हैं।

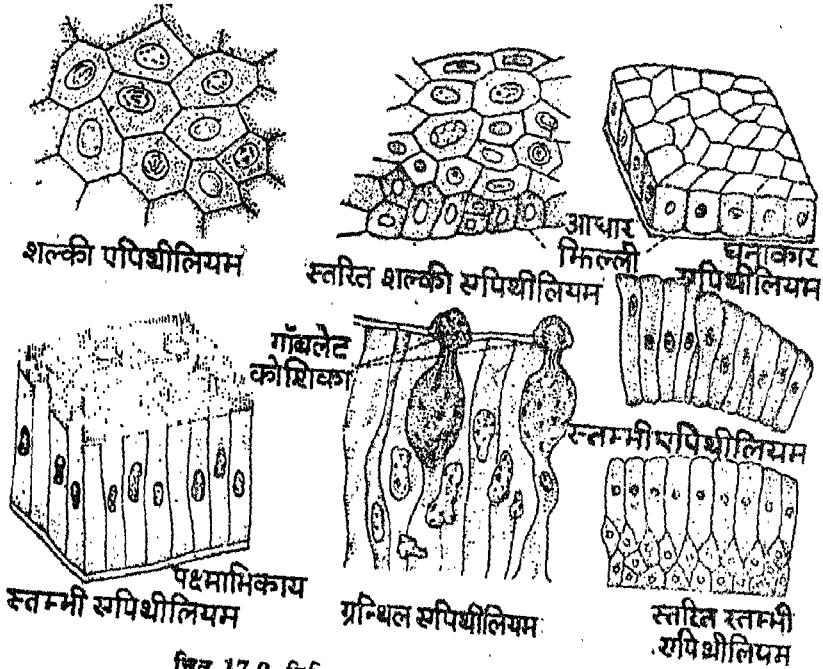
17.3-2 जन्तु ऊतक

मनुष्य तथा अन्य विकसित जन्तुओं के ऊतकों को पाँच समूहों में वर्गीकृत किया जा सकता है। ये हैं :

1. एपिथीलियमी ऊतक,
2. पेशी ऊतक,
3. तंत्रिका ऊतक,
4. संयोजी ऊतक,
5. जनन ऊतक।

इनका विस्तृत वर्गीकरण नीचे तालिका में दिया जा रहा है :

एपिथीलियमी ऊतक

ये जन्तु के शरीर की बाहरी सतह पर पाए जाने वाले जीवित ऊतक होते हैं। ये जन्तु की सारी बाहरी एवं आंतरिक सतह पर पाए जाते हैं। त्वचा, मुँह, आहार, नाल एवं फेफड़ों की सभी सतहें एपिथीलियमी ऊतक की ही बनी होती हैं।

एपिथीलियमी ऊतकों की कोशिकाएँ चपटी (शल्की एपिथीलियमी), घन (घनाकार एपिथीलियमी), एवं स्तम्भ (स्तंभाकार एपिथीलियमी), हो सकती हैं। इनमें से कुछ ऊतकों की बाहरी सतह पर जीवद्रव्यी रोम की तरह की संरचना होती है। इन्हें पक्ष्माभि एपिथीलियम ऊतक कहते हैं (चित्र 17.9)।

चित्र 17.9 विभिन्न प्रकार के एपिथीलियमी ऊतक

तैयार स्लाइड में एपिथीलियमी ऊतक का अध्ययन करो। तुम अपने गाल के अन्दर की कोशिकाओं वाला प्रयोग भी दुहरा सकते हो।

इस ऊतक के क्या-क्या कार्य हैं ? यह तुम सभी जानते हो कि अगर साबुन, नमक या मिर्च का पाउडर तुम्हारी जली या कटी उंगली या शरीर के अन्य किसी भाग पर लग जाये तो कितना दर्द होता है। तुम्हारी त्वचा पर अगर छोटा-सा घाव हो और उस घाव की उचित रूप से पट्टी न की जाये तो उसमें नुकसानदायक जीवाणु घुस जाएँगे और जलन पैदा कर देंगे। इसीलिए बाहरी-सतह वाले ऊतक जो कि त्वचा बनाते हैं अंतःस्थ कोशिकाओं की जीवाणुओं, रासायनिक द्रव्यों, एवं सूखने से रक्षा करते हैं।

शरीर की गुहिकाओं की भीतरी सतह की रक्षा के साथ एपिथीलियमी ऊतक पानी और दूसरे पोषकों का अवशोषण भी करते हैं तथा वर्ज्य पदार्थों को निकाल देते हैं।

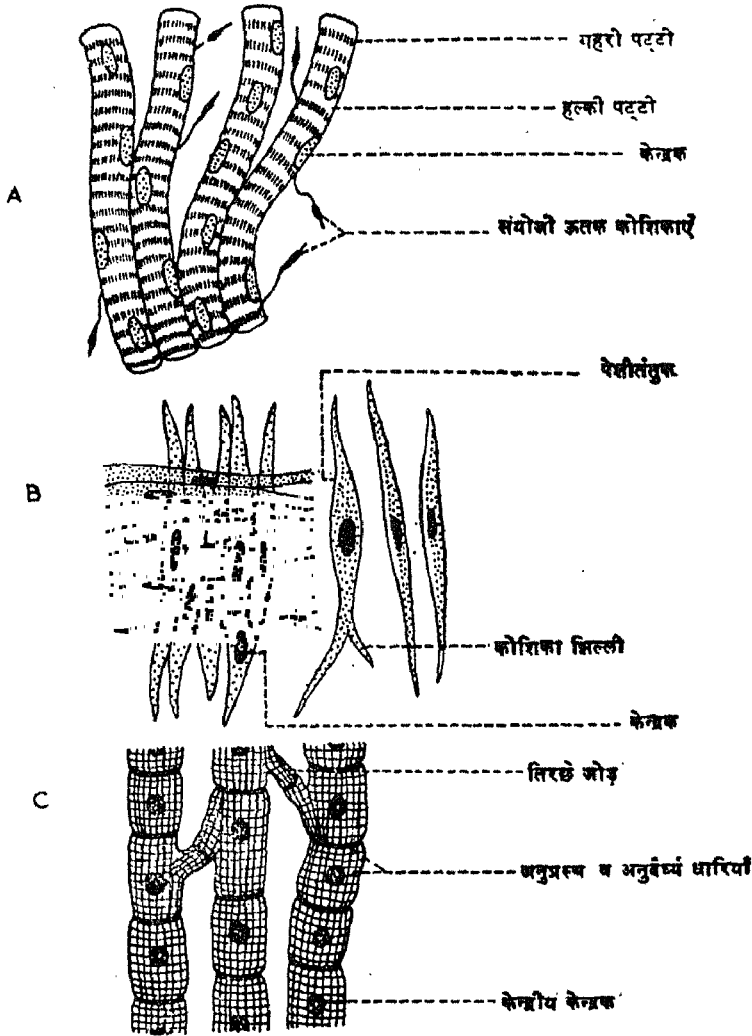
एपिथीलियमी ऊतक की कुछ कोशिकाएँ बहुत अधिक विशिष्ट होती हैं और स्राव सम्बन्धी कार्य करती है। ऐसी कोशिकाओं को ग्रंथिमय एपिथीलियमी ऊतक कहते हैं। ऐसे ऊतक म्यूकस, दूध तथा पाचक रस का स्राव करते हैं।

पेशी ऊतक

तुम पढ़ चुके हो कि पशुओं में शरीर या शरीर का कोई अंग हिला सकने की योग्यता महत्त्वपूर्ण गुण है। कुछ विशेष कोशिकाओं का समूह यह गति पैदा करता है। ये कोशिकाएँ संवेदना प्राप्त करने पर संकुचित या शिथिल हो सकती हैं तथा गति उत्पन्न कर सकती हैं। सभी पेशियाँ, हृदय एवं आहार नाल पेशी सहित, इन्हीं पेशी ऊतकों की बनी होती हैं। शरीर के भार का अधिक भाग इन्हीं पेशियों की वजह से होता है।

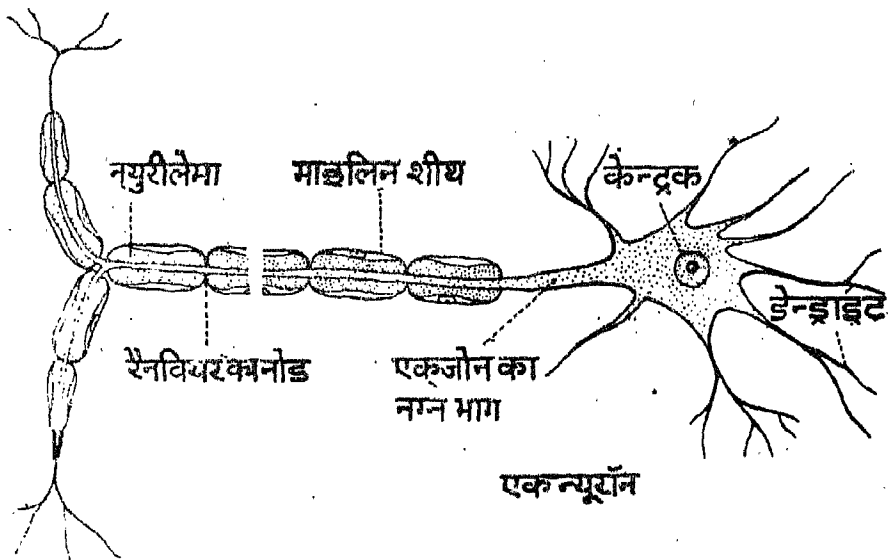
पेशी ऊतक तीन प्रकार के होते हैं (चित्र 17.10)। इनमें से एक कंकाल पेशी ऊतक होते हैं। इन ऊतकों की कोशिकाएँ लंबी एवं बहु-केन्द्रक होती हैं। सूक्ष्मदर्शी में इन ऊतकों पर चौड़ाई में धारियाँ देखी जा सकती हैं। कंकाल पेशियाँ हड्डियों के साथ जुड़ी होती हैं और यह शरीर एवं शरीर के उपांगों की गति में सहायक होती हैं।

एक अन्य प्रकार की पेशी कोशिकाएँ, हृदय पेशियाँ हैं जो हृदय में होती हैं। कंकाल पेशियों की तरह ये भी रेखित एवं बहु-केन्द्रक होती हैं लेकिन हृदय पेशियों की कोशिकाएँ शाखाओं में बंटी होती हैं और एक-दूसरे से स्थान-स्थान पर जुड़ी होती हैं। तैयार स्लाइड में हृदय की पेशी कोशिकाओं का अध्ययन करो।

तीसरे प्रकार की पेशी कोशिकाएँ लंबी एवं नुकीली होती हैं। ये कोशिकाएँ एक केन्द्रक

चित्र 17.10 विभिन्न प्रकार के पेशी ऊतक : (A) कंकाल पेशी तन्तु (B) चिकने पेशी तन्तु (C) हृदयीय पेशी तन्तु

वाली तथा अरेखित होती हैं। इन्हें चिकनी पेशियाँ कहते हैं। चिकनी पेशियाँ आमाशय और आंतों में पाई जाती हैं।

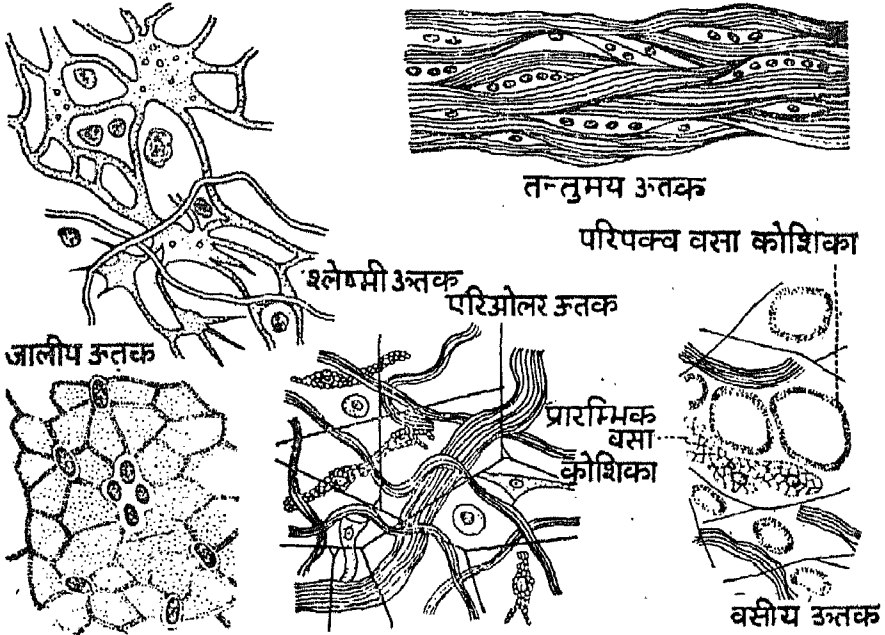
तंत्रिका ऊतक

ये ऐसी कोशिकाओं के समूह हैं जो कि संवेदनाओं का संचालन करने में विशिष्ट होती हैं। इन कोशिकाओं को न्यूरॉन कोशिका कहते हैं। जैसा कि तुम चित्र में देख सकते हो

चित्र 17.11 न्यूरॉन का चित्र

(चित्र 17.11), न्यूरॉन कोशिकाएँ एक विशिष्ट आकार की होती हैं। मस्तिष्क, रीढ़ तथा रज्जु भी तंत्रिका ऊतक के बने होते हैं।

संयोजी ऊतक

ये ऊतक उन कोशिकाओं के बने होते हैं जो निर्जीव माध्यम में बिखरी पाई जाती हैं।

ये कोशिकाएँ साधारणतः एक-दूसरे से अलग होती हैं। इनके बीच की दूरी को अंतरा-कोशिक दूरी कहते हैं। यह ठोस अथवा तरल पदार्थ से भरी होती है जिसे आधात्री कहते हैं। संयोजी

चित्र 17.12 विभिन्न प्रकार के संयोजी ऊतक

ऊतक के उदाहरण हैं: अस्थि, उपास्थि एवं कंडरा। ये ऊतक अन्य ऊतकों को एक साथ बाँधकर उन्हें मजबूती और सहारा देने का काम करते हैं (चित्र 17.12)।

उपास्थि कुछ हद तक लचीली होती है। नाक एवं कान के बाहरी भाग का कंकाल उपास्थि का बना होता है। कुछ जन्तुओं जैसे शार्क में सारा अस्थिपंजर ही उपास्थि का बना होता है।

अस्थि की आधात्री में कैल्शियम लवण की मोटी तह जमी होती है। अतः वह काफ़ी मजबूत होती है पर लचीली नहीं होती। अस्थि तथा उपास्थि की तैयार स्लाइडों का अध्ययन करो।

तुम्हें याद रखना चाहिए कि उपास्थि एवं अस्थि में जीवित कोशिकाएँ होती हैं जिन्हें पोषण की आवश्यकता होती है।

कंडरा एवं स्नायु संयोजी ऊतक होते हैं। इनकी आधात्री में रेशों की एक जाली-सी होती है। संयोजी ऊतक की कोशिकाएँ इन रेशों को स्रावित करती हैं जिनसे वे घिर जाती हैं।

वह ऊतक भी जो पेशी कोशिकाओं को एक दूसरे से बाँधता है तथा त्वचा को अंतःस्थ पेशियों से जोड़ता है संयोजी ऊतक का उदाहरण है। इनके रेशे ढीले एवं लचीले होते हैं।

रुधिर भी संयोजी ऊतक होता है। यहाँ कोशिकाएँ तरल माध्यम या प्लाज़्मा में गतिशील रहती हैं। तुम रुधिर के कार्यों को पहले ही पढ़ चुके हो। यह शरीर के सभी अंगों में बहता है और शरीर के हर एक भाग को संबंधित करता है।

जनन ऊतक

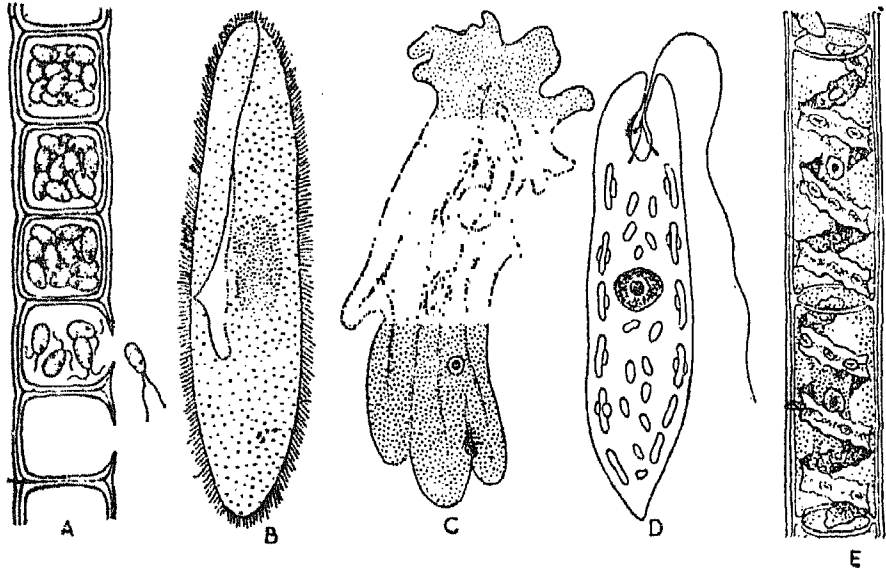
यह विशिष्ट प्रकार की कोशिकाओं के समूह होते हैं जो कि विभेदन की पूर्व अवस्थाओं में ही कायिक या शारीरिक कोशिकाओं या ऊतकों से अलग हो जाते हैं। यह कोशिकाएँ जनन कोशिकाएँ बनाती हैं जो कि विभाजित होकर नरों में शुक्राणु (नर युग्मक) तथा मादाओं में अण्डाणु (मादा युग्मक) बनाते हैं। जनन कोशिकाओं से शुक्राणुओं तथा अण्डाणुओं के निर्माण में जो विभाजन होता है उसे परिपक्वन या अर्द्धसूत्री विभाजन कहते हैं।

17.4 अंग, अंग-तंत्र, जीव

किसी जीव विशेष का प्रत्येक सदस्य उसकी इकाई है। इसमें से कुछ जीवों में केवल एक, कुछ में बहुत कम, पर कुछ में लाखों कोशिकाएँ हो सकती हैं। तुम जानते हो कि उच्च बहुकोशिकीय जीवों में कोशिकाएँ मिलकर ऊतक बनाती हैं। फिर ऊतक मिलकर अंग बनाते हैं। कई अंगों के मिलने से अंग-तंत्र बन जाता है। ज़्यादातर पौधे या जंतु जो तुम अपने चारों तरफ देखते हो, इसी प्रकार अंग-तंत्र से बने हुए हैं।

17.4-1 कोशिकीय स्तर की व्यवस्था

जैसा कि तुम जानते हो, सजीव जगत में ऐसे असंख्य जीव हैं जिनका शरीर केवल एक कोशिका का बना होता है (चित्र 17·13)। यह जैव व्यवस्था केवल कोशिकीय स्तर की है।

यहाँ शरीर जीव-द्रव्य का पुंज मात्र है। संरचना में ये बहुत सरल दिखते हैं पर कार्यिक दृष्टि से इनकी तुलना उच्च जीवों से की जा सकती है क्योंकि इन सब में जीवन की सभी जैव प्रक्रियाएँ होती हैं। आओ, अब इस जैव व्यवस्था के दो उदाहरण देखें। एककोशिकीय अमीबा की संरचना में तुम कई विशिष्ट कोशिकांग देखोगे जो उतनी ही कुशलतापूर्वक कार्य करते हैं जितने उच्च जंतुओं के अंग। उदाहरणार्थ अमीबा के भोजन की क्रिया में अंतर्ग्रहण कूटपाद से, पाचन क्रिया खाद्य रसधानियों से, अवशोषण खाद्य रसधानियों की झिल्ली से, संपादित होते हैं। जो भोजन नहीं पच पाता वह बाहर हो जाता है।

चित्र 17.13 कुछ साधारण जन्तु: (A) यूलोथ्रिक्स (B) पेशामीसियम (C) अमीबा (D) युग्लीना (E) स्पाइरोगाइरा

पैरामीशियम में प्रचलन (गति) पक्ष्माभिकाओं या सीलिया (एक और विशिष्ट कोशिकांग) के द्वारा होता है। तुमने पढ़ा है कि इनमें भोजन-अंतर्ग्रहण के लिए मुख जैसी रचना, तथा कोशिकीय मलद्वार होता है जिससे बिना पचा भोजन बाहर हो जाता है।

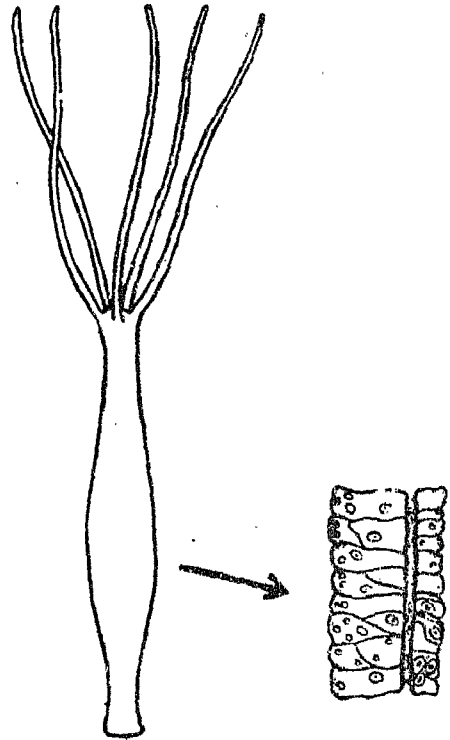
17.4-2 ऊतक के स्तर की व्यवस्था

सजीव जगत में हमें ऐसे भी जंतु मिलते हैं जो केवल एक ही प्रकार की कई कोशिकाओं के बने होते हैं। अर्थात् ऐसे जीवों में एक ही प्रकार के ऊतक होते हैं। इनके उदाहरण हैं स्पाइरोगाइरा, यूलोथ्रिक्स तथा वॉलवाक्स। यहां एक ऊतक जो एक जीव भी है सारी जैव क्रियाओं का संपादन करता है (चित्र 17.13)। हाइड्रा में थोड़ी और विशेषता देखने को मिलती है (चित्र 17.14)। इसकी बाह्यत्वचा का मुख्य कार्य रक्षा करना तथा अंतःत्वचा का मुख्य कार्य पोषण की क्रियाएँ करना है।

उच्च श्रेणी के पौधों और जंतुओं में कई प्रकार के ऊतक होते हैं जिन्हें तुम पहले ही पढ़ चुके हो। आओ अब यह देखें कि ये ऊतक किस प्रकार से अगली जैव व्यवस्था का निर्माण करते हैं (चित्र 17.14)।

17.4-3 अंगों के स्तर की व्यवस्था

तुम जानते हो कि पत्ती पौधे का एक अंग है तथा उसके मुख्य कार्य हैं भोजन संश्लेषण, वाष्पोत्सर्जन तथा श्वसन।

पत्तियाँ कौन-कौन-से ऊतकों से बनी होती हैं? पत्ती की ऊपरी और निचली सतह पर बाह्यत्वचा होती है जो आंतरिक ऊतकों की रक्षा करती है। इस पर वायु रंध्र है जो गैस विनिमय एवं वाष्पोत्सर्जन में सहायक होते हैं। फिर सबसे अंदर पैलिसेड और स्पंजी ऊतक होते हैं जो कि वास्तव में हरित लवक वाले मृदूतक हैं। इनका कार्य है भोजन संश्लेषण करना।

चित्र 17.14 हाइड्रा एक ऊतक स्तर का जन्तु है। तीर कोशिकाओं की दो स्तरीय रचना को दिखाता है, जो कि प्राणी की देहभित्ति का निर्माण करती हैं।

पत्तियों में संवहन ऊतक भी होते हैं। ये हैं जाइलम, जो पानी वहन करने का कार्य करता है, एवं फ्लोएम, जो निर्मित खाद्य पदार्थों का स्थानान्तरण करता है। इनके अतिरिक्त दृढ़ोतक भी मिल सकते हैं जो फलक को मजबूत बनाने में मदद करते हैं। लगभग सभी प्रकार के पादप ऊतक पौधे के अंग, पत्ती में पाए जाते हैं। पत्ती की रचना उसके कार्य के अनुसार किस प्रकार उपयुक्त है ?

तना पौधे का एक अन्य अंग है। एक कोमल तने के अनुप्रस्थ सेक्शन को चित्र में देखो। सबसे पहले बाह्यत्वचा है तथा इसके बाद कोशिका में स्थूलकोणोतक और मृदूतक हैं। परिरभ या पेरीसाइकिल में दृढ़ोतक हैं। इसके बाद संवहन ऊतक हैं तथा केन्द्र में फिर मृदूतक हैं।

तने के क्या कार्य हैं ? यह पौधों को यांत्रिक आधार देता है (चित्र 17.15)। इसमें पत्ती, फूल तथा फल लगते हैं। इस प्रकार के वजन को सम्हालने में दृढ़ोतक तथा जाइलम आवश्यक हैं।

चित्र 17.15 पौधे के तने के कई कार्य हैं : (A) आधार तथा संवहन के लिए सामान्य तना (B) भोजन संग्रह (C) भोजन संश्लेषण

इसका दूसरा कार्य है वस्तुओं का परिवहन। जड़ों द्वारा पानी और खनिज लवण अवशोषित होते हैं जिन्हें यह पत्तियों तक पहुँचाता है तथा निर्मित खाद्य पदार्थों को पत्तियों से अन्य अंगों तक पहुँचाता है। यह कार्य संवहन ऊतक का है।

इन कार्यों के अतिरिक्त कुछ पौधों के तने, जैसे गन्ना, अदरक तथा आलू खाद्य संचय करते हैं। कुछ अन्य तने, जैसे मरुद्भिद (नागफनी) खाद्य संश्लेषण का कार्य भी करते हैं।

जड़ पौधे का एक अन्य अंग है। जड़ों की संरचना में विभिन्न ऊतकों की आकृति और व्यवस्था तने के समान ही होती है। तुम जानते हो कि जड़ें पानी तथा घुले हुए खनिज लवण मिट्टी से अवशोषित करती हैं। यह केवल जड़ों के निचले अग्र भाग में होता है। इस क्षेत्र की बाह्यत्वचा पर मूल रोम होते हैं।

जड़ें पौधे को जमीन में स्थिर रखती हैं। इस कार्य के लिए मुख्य जड़ भूमि में गहराई तक जाती है और पार्श्व जड़ें भिन्न-भिन्न दिशाओं में फैल जाती हैं। इसके साथ ही इनमें मजबूत संवहन ऊतक होते हैं जिनसे इन्हें पौधों को मजबूती से मिट्टी में जकड़ने की शक्ति भी प्राप्त होती है। कुछ पौधे (मूली, गाजर, शकरकन्द) जड़ों में भी खाद्य संग्रह करते हैं।

17.4-4 अंग-संस्थान के स्तर की व्यवस्था

पौधे के विभिन्न अंग, अंग-संस्थान में संगठित होते हैं। एक संस्थान के सारे अंग मिलकर जीव का एक बड़ा एवं महत्त्वपूर्ण कार्य करते हैं। पौधों में केवल दो अंग-तंत्र हैं—प्ररोह संस्थान एवं जड़ संस्थान (चित्र 17.16)।

तुम्हें यह जानकारी हो गयी है कि पौधों के शरीर में किस प्रकार अंग तथा अंग-तंत्र के स्तर पर व्यवस्था होती है। उच्च श्रेणी के जन्तुओं के शरीर में यह व्यवस्था (अंग तथा अंग-संस्थान स्तर की) और भी स्पष्ट तथा विस्तृत होती है।

आओ, एक उच्च श्रेणी के जन्तु के शरीर की बाह्य तथा आंतरिक व्यवस्था का विच्छेदित मेंढक या टोड (भेक) में निरीक्षण करें।

प्रयोग 1

1. क्लोरोफ़ार्म द्वारा संवेदनाहीन किया हुआ या मारा हुआ मेंढक एक विच्छेदन ट्रे (मोम भरी ट्रे) में इस तरह से रखो कि इसकी पेट वाली सतह ऊपर की तरफ हो।

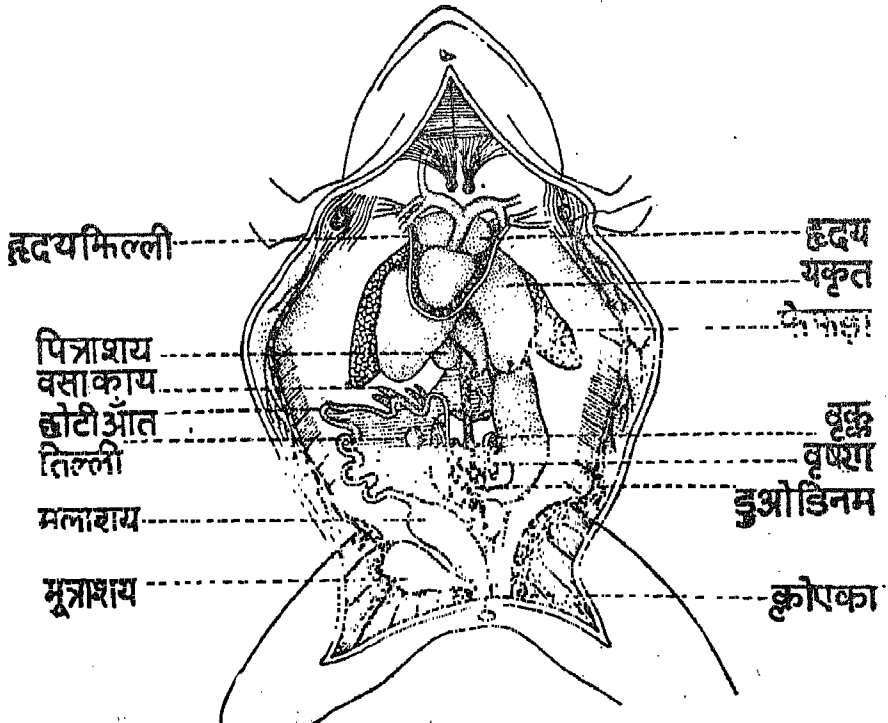
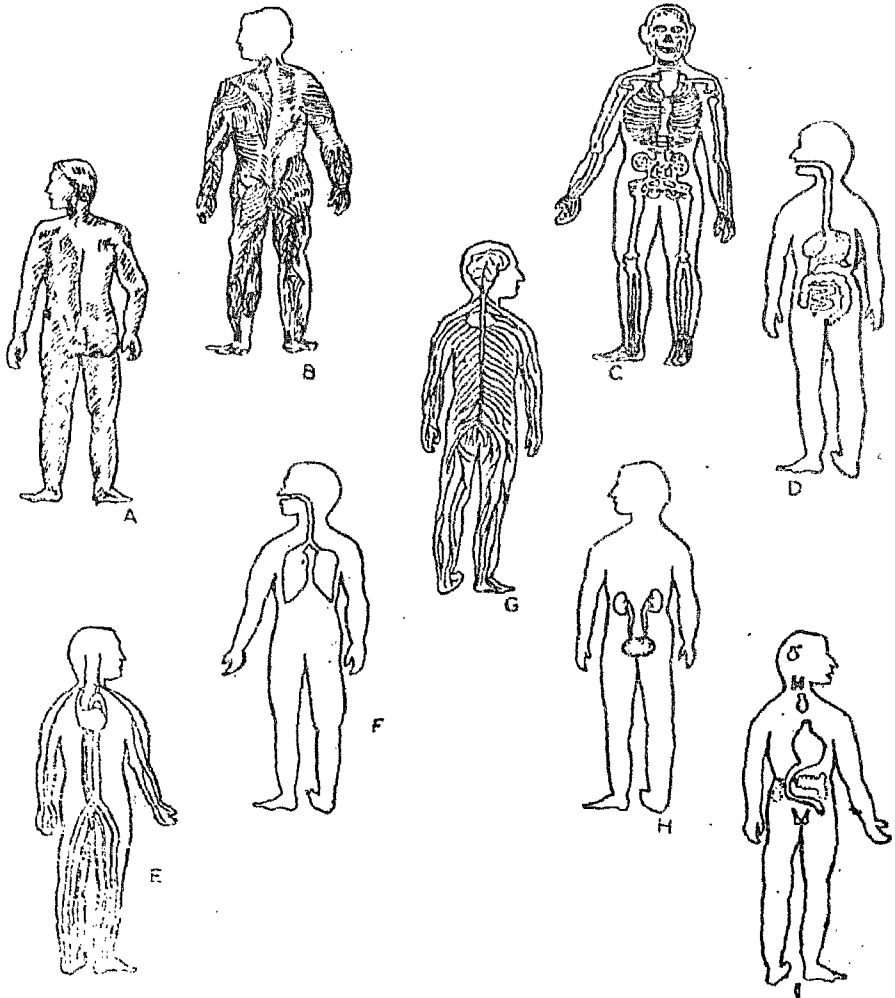
2. जंतु के चारों पैर बाहर की तरफ फैलाओ तथा उनके सिरे पर पिन लगा कर स्थिर कर दो। पिन इस प्रकार से टेढ़ी लगाओ कि वह बाहर की ओर झुकी रहे।
3. चिमटी और कैंची की सहायता से मध्य उदर रेखा पर एक काट लगाओ।
4. एक और काट मध्य उदर रेखा पर इस तरह से लगाओ कि मांसपेशियों की परत कट जाए और अंतरांग खुल जाएँ।
5. त्वचा तथा उदर मांसपेशियों को हटा दो जिससे अंतरांग पूरे दिखाई देने लगें।
6. अंतरांग के विभिन्न अंगों को पहचानो तथा हृदय, फेफड़ों, यकृत, आमाशय, आंत, वृक्क और वृषणों के कार्य पता करने की कोशिश करो (चित्र 17.17)।
7. अपने अध्यापक की सहायता से आहार नाल का विच्छेदन करो।
8. एक नामांकित चित्र बनाओ।

चित्र 17.16 पौधों में केवल दो अंग संस्थान होते हैं : प्ररोह संस्थान तथा जड़ संस्थान

जन्तुओं में जटिल व्यवस्था

जन्तुओं की निम्न श्रेणी से लेकर उच्च श्रेणी (मनुष्य) तक शरीर व्यवस्था में क्रमिक

विकास एवं वृद्धि हुई है। विभिन्न अंगों तथा अंग-संस्थानों में क्रमबद्ध विकास जीव की तरह-तरह की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए हुआ है (चित्र 17.18)। ये हैं :

1. अध्यावरण तंत्र जो त्वचा और इससे व्युत्पन्न रचनाओं से बना है। इसका मुख्य कार्य वातावरण से जीव की रक्षा करना है।
2. कंकाल तंत्र जो अस्थियों तथा उपास्थियों से बना है। यह मुख्य रूप से शरीर को यांत्रिक आधार (और रक्षा) प्रदान करता है।
3. पेशी तंत्र जो गति तथा स्थान परिवर्तन करने में सहायता करता है।
4. आहार तंत्र जो भोजन ग्रहण करने में तथा उसकी पाचन संबंधी प्रक्रियाओं से संबद्ध है।

चित्र 17.17 मेंढक के अंतरांग जो कि विभिन्न अंगों की स्थिति दर्शाते हैं

चित्र 17.18 मनुष्य के विभिन्न अंग तन्त्र : (A) अध्यावरण तन्त्र (B) पेशी तन्त्र (C) कंकाल तन्त्र (D) आहार नाल तन्त्र (E) परिसंचरण तन्त्र (F) श्वसन तन्त्र (G) तन्त्रिका तन्त्र (H) उत्सर्जन तन्त्र (I) अंत:स्रावी ग्रन्थि तन्त्र

5. परिवहन तंत्र जो पदार्थों के अंतः स्थानांतरण के लिए है।
6. श्वसन तंत्र जो सांस लेने या गैस विनिमय के लिए है।
7. उत्सर्जन तंत्र जो उपापचयी उत्सर्ग (श्वसन के सिवाय) तथा अनावश्यक तरल पदार्थों को निकालने के लिए है।
8. अंतःस्रावी ग्रंथि तंत्र जो वाहिनी रहित ग्रंथियों से बना है जिनसे हारमोन स्रावित होते हैं। ये हारमोन आंतरिक क्रियाओं और बाहरी वातावरण के प्रति अनुकूलन का नियंत्रण करते हैं।
9. तंत्रिका तंत्र जो मस्तिष्क, तंत्रिका तथा ज्ञानेन्द्रियों के अंगों से बना है। इसका कार्य है अंतरांगों में सामंजस्य रखना और बाहरी उद्दीपन पर प्रतिक्रिया करना।
10. जनन तंत्र जो प्रजनन से संबंधित है।

बहुत से अकशेरुक जन्तुओं में और सभी कशेरुक जन्तुओं में ये तंत्र होते हैं। कुछ जन्तु या जन्तुओं के वर्गों में अगर इनमें से कोई तंत्र न हो तब भी जैव क्रियाएँ होती रहती हैं। उदाहरणार्थ, फीताकृमि तथा गोलकृमि में श्वसन एवं परिसंचरण तंत्र नहीं होते।

17.5 जीव, समष्टि तथा समुदाय

एक स्वतन्त्र जीव, चाहे वह पौधा हो या जन्तु, एक कोशिकीय हो या लाखों कोशिकाओं का बना, एक जैव इकाई है। अपना अस्तित्व बनाए रखने के लिए यह इकाई समस्त जैव कार्य करती है। लेकिन क्या यह बिल्कुल अलग जीवन बिता सकती है? मनुष्य का उदाहरण लेकर देखें। क्या हम वास्तव में अकेले हैं? हम अपने स्थान के अपने ही तरह के अन्य जीवों से संबंधित हैं। यही बात सभी पौधों और जन्तुओं के लिए भी लागू है। एक जीव मर जाता है, पर स्वतन्त्र जीवों का संगठित होकर बनाया गया समूह जीवित रहता है। एक ही जाति के स्वतन्त्र सदस्यों के संगठन को, जो एक साथ किसी विशिष्ट स्थान पर रहते हैं, समष्टि या पाप्युलेशन कहते हैं। तुम्हारे स्कूल के मैदान में जो केंचुए हैं, एक तालाब में जो कमल के पौधे हैं, गिरि के जंगल के शेर आदि समष्टि के उदाहरण हैं।

17.5-1 स्पीशीज़ तथा समष्टि

स्पीशीज ऐसे जीवों का समूह है जो प्रकृति में आपस में संकरण करके जननशील संतान उत्पन्न करते हैं। समष्टि एक ही जाति के जीवों का स्थानीय समूह है जिसमें एक स्वतन्त्र सदस्य

समूह के अन्य सदस्यों के साथ आपसी अभिजनन कर सकता है। इसे जैव समष्टि कहते हैं। एक स्पीशीज में भिन्न-भिन्न भौगोलिक स्थानों की कई समष्टियाँ हो सकती हैं। क्या तुम एक ऐसी स्पीशीज का नाम बता सकते हो जो भिन्न-भिन्न भौगोलिक स्थानों पर रहती हो ?

समष्टि के गुण

समष्टि की व्यवस्था एक जीव से उच्चतर स्तर की है। एक समष्टि के गुण एक जीव के बजाय उसके समूह के लक्षणों को बताते हैं।

समष्टि की परिभाषा के अनुसार समष्टि एक ही स्पीशीज के जीवों का वह समूह है जो खास जगह पर रहता है। एक समष्टि का आकार, प्राप्त स्थान, भोजन एवं अन्य बातों पर निर्भर करता है। जब स्थान सीमित होता है तो जीवों की संख्या प्रति इकाई स्थान में बढ़ जाती है तथा समष्टि सघनतर हो जाती है।

समष्टि की सघनता

समष्टि की सघनता उसका मुख्य लक्षण है। इसे प्रति इकाई क्षेत्र या आयतन में जीवों की संख्या से संबंधित करते हैं। 'क्षेत्र' स्थलीय तथा 'आयतन' जलीय जीवों के लिए प्रयोग में लाया जाता है। उदाहरण के लिए 40 सिंह प्रति 100 वर्गमीटर, 500 पेड़ प्रति हेक्टर, 200 किलोग्राम मछली प्रति हेक्टर झील की सतह पर, 5 लाख डायटम प्रति घन मीटर पानी में, 50 पैरामीशियम प्रति घन मिलीमीटर पानी में, सघनता के कुछ आँकड़े हैं।

विभिन्न प्रकार की समष्टि की सघनता या उनका घनत्व मालूम करने के लिए भिन्न-भिन्न विधियाँ प्रयोग में लाई जाती हैं, बड़े जन्तुओं के लिए जैसे भैंस, गैंडे या हाथियों की समष्टि का घनत्व कुल गणना के द्वारा निकाला जा सकता है। लेकिन अन्य प्रकार के जीवों जैसे पौधे, केंचुओं, कीटों या अन्य संधिपादों तथा अन्य बहुत-सी श्रेणी के जीवों के लिए समष्टि का घनत्व प्रतिचयन (नमूना या सैम्पल) के द्वारा मापा जाता है। प्रतिचयन क्या है ? चावल की एक बोरी में से एक कटोरी चावल निकाल लें तो यह बोरी के चावल का प्रतिचयन है।

प्रयोग

तुम अपने विद्यालय के बाग में किसी खास पौधे की सघनता का पता लगा सकते हो।

एक वर्ग मीटर के पांच भिन्न-भिन्न क्षेत्र अपने स्कूल के बाग में चुनो। किसी भी एक जाति के पौधों की संख्या हर एक प्रतिचयन इकाई में ज्ञात करो। अपने निरीक्षण को लिख लो। उस विशेष जाति के पौधे का घनत्व बाग में क्या है ? इसको पता करने के लिए प्रत्येक इकाई में पौधों की जो संख्या तुमने लिखी है उसे जोड़ लो तथा 5 से भाग दो। इस तरह जो फल आएगा वह प्रति इकाई क्षेत्र में उस जाति के पौधे का घनत्व होगा।

समष्टि का घनत्व निकालने के लिए कुछ अन्य तरीक़े भी हैं। विशेषतः जन्तुओं का समष्टि-घनत्व मापने के लिए निशान लगाना, पद चिह्न गिनना, आदि कई विधियां हैं। क्या एक समष्टि का घनत्व पूरे वर्ष भर एक सा रहता है ? उपरोक्त प्रयोग को शीत, ग्रीष्म तथा वर्षा ऋतुओं में दोहराओ। तुम देखोगे कि घनत्व ऋतुओं के साथ बदलता रहता है।

एक समष्टि का घनत्व केवल ऋतुओं के साथ-साथ बदलता ही नहीं बल्कि एक खास समष्टि एक लंबे समय में कम होने या बढ़ जाने की प्रवृत्ति भी दिखाती है। प्राचीन समय के कुछ जन्तु तथा पौधे आज विलुप्त हो चुके हैं।

इस परिवर्तन का निर्धारण कैसे होता है ?

समष्टि को निर्धारित करने वाले कारक

किसी जीव की समष्टि का घनत्व एक ख़ास समय तथा स्थान में चार लक्षणों—जन्म दर, मृत्यु दर, आप्रवासन दर और उत्प्रवासन दर पर निर्भर करता है।

जन्म दर : यह वह दर है जिससे नए सदस्य एक खास समष्टि के प्रजनन के द्वारा आते हैं।

मृत्यु दर : जिस दर से एक समष्टि में सदस्यों की मृत्यु होती है उसे मृत्यु दर कहते हैं।

आप्रवासन दर : यह वह दर है जिससे जीव समष्टि में आते हैं।

उत्प्रवासन दर : यह वह दर है जिससे जीव समष्टि से बाहर जाते रहते हैं।

उपरोक्त चारों कारकों में से आप्रवासन दर और उत्प्रवासन दर के दो कारक केवल चल जीवों के घनत्व को प्रभावित करते हैं।

गतिशीलता अधिकांश जन्तुओं का लक्षण है। गतिशीलता कई प्रकार की हो सकती है जैसे प्रवास, आवर्ती जाना और आना, आप्रवासन या एक तरफी अंतर्मुखी गति, तथा उत्प्रवासन या एक तरफी बहिर्मुखी गति।

तुम जानते हो कि बच्चे के जन्म से हर परिवार में सदस्य संख्या बढ़ जाती है तथा

परिवार का आकार बढ़ जाता है। मृत्यु से सदस्य घट जाते हैं। एक मेहमान का आना आप्रवासन के समान है और सदस्य का किसी कारणवश परिवार छोड़कर जाना उत्प्रवासन के समान। देश के विभिन्न भागों से लोगों के आप्रवासन के कारण ही देहली शहर इतना बढ़ गया है। अमरीका की प्रारंभिक वृद्धि अधिकांशतः यूरोपियन आप्रवासन के कारण हुई थी।

वातावरण का समष्टि पर प्रभाव

समष्टि का घनत्व निर्धारित करने वाले कारक स्वयं परिवर्तनशील हैं। यह परिवर्तन समष्टि के बाह्य वातावरण के कारण होता है। समष्टि के बाहर की प्रत्येक वस्तु उसके वातावरण का भाग है। किसी समष्टि का वातावरण दो अवयवों से बना होता है :

1. जैव वातावरण, तथा
2. अजैव वातावरण।

सारे पौधे एवं जन्तु जो जीव के चारों तरफ हैं जैव वातावरण बनाते हैं। जीव के चारों ओर की निर्जीव वस्तुएँ जैसे झील, मिट्टी, पानी तथा सूर्य का प्रकाश उसका अजैव वातावरण बनाते हैं।

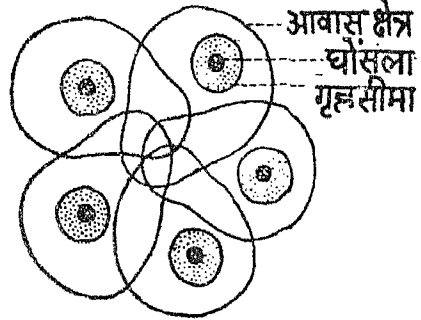
निम्नलिखित जैव तथा अजैव कारक समष्टि विशेष के आकार को प्रभावित कर सकते हैं :

1. पोषक तत्वों की आपूर्ति,
2. प्राप्त स्थान,
3. अन्य जीवों के साथ परस्पर क्रिया, तथा
4. मौसम।

पोषक तत्वों की आपूर्ति

सभी जीव अपनी पोषण-आपूर्ति के लिए अपने वातावरण पर निर्भर करते हैं। कार्बनिक या अकार्बनिक पोषक पदार्थ प्रचुर या अल्प मात्रा में प्राप्त होते हैं। अगर कोई आवश्यक पोषक पदार्थ बिल्कुल न हो तो समष्टि का अस्तित्व नहीं रहेगा। एक विशेष पोषक पदार्थ की, आवश्यकता से कम मात्रा उसी अनुपात में समष्टि के आकार को छोटा कर सकती है।

प्राप्त स्थान

आवास के लिए स्थान किसी जीव की प्राथमिक आवश्यकता है। बहुत से जन्तु अपने भोजन तथा साथी की तलाश में एक नियमित क्षेत्र में भ्रमण करते हैं। यह उनका आवास क्षेत्र (होमरेंज) होता है। इस आवास क्षेत्र में एक जीव या जोड़ा किसी खास भाग में भोजन एवं प्रजनन करता है। इस खास भाग को उसकी गृह सीमा (टेरीटरी) कहते हैं। उदाहरण के लिए गिर-वन सिंह तथा तेंदुए दोनों ही का आवास क्षेत्र है। पर इस आवास क्षेत्र का कुछ हिस्सा सिंह या तेंदुए का जोड़ा अपनी गृह सीमा बना लेता है। समष्टि के विभिन्न सदस्यों का आवास क्षेत्र एक हो सकता है परन्तु गृह सीमा अलग-अलग होती है (चित्र 17.19)।

चित्र 17.19 'आवास क्षेत्र', 'गृह सीमा' तथा 'घोंसला' का रूपांकन

पोषक पदार्थ चाहे कितना ही अधिक क्यों न हो, पर समष्टि में वृद्धि के साथ एक समष्टि के प्रत्येक सदस्य का आवास स्थल प्रजनन, संतति की देखभाल आदि सामान्य क्रियाओं के लिए अपर्याप्त हो जाता है। ऐसी अवस्था में उचित स्थान प्राप्त करने के लिए सदस्यों में आपस में संघर्ष होना निश्चित हो जाता है।

अन्य जीवों के साथ परस्पर क्रिया

एक समष्टि एक ही समय में बहुत से वातावरण के कारकों से प्रभावित होती है। इन सब कारकों से समष्टि के सदस्यों का घनत्व परिवर्तन भी प्रभावित होता है। यथार्थ में इन कारकों में विभिन्न प्रकार के जीवों में भोजन तथा रक्षा के स्थान के लिए होने वाली पारस्परिक स्पर्धा होती है। ये पारस्परिक क्रियाएँ निम्न प्रकार की होती हैं :

1. एक स्पीशीज़ (जाति) के सदस्यों के बीच (अंतःजातीय पारस्परिक क्रियाएँ)
2. विभिन्न स्पीशीज़ (जातियों) के सदस्यों के बीच होने वाली स्पर्धा (अंतःजातीय स्पर्धा)

3. अजैव वस्तुओं तथा सजीवों के बीच होने वाली पारस्परिक क्रियाएँ।
ये पारस्परिक क्रियाएँ प्राकृतिक समष्टि के आकार का निर्धारण करती हैं।

मौसम

अजैव कारक, जैसे सूर्य का प्रकाश (तीव्रता या अवधि), ताप, पानी (वर्षा, नमी), दबाव, आदि मौसम के भाग हैं। वह सीमाकारी या नियंत्रण कारक की तरह कार्य करते हैं। साल भर में वर्षा के असमान वितरण से बहुत से पौधों तथा जन्तुओं के समष्टि के घनत्व पर प्रभाव पड़ता है। कुछ पौधों एवं जन्तुओं की समष्टि का घनत्व वर्षा के तुरंत बाद बढ़ जाता है तथा शीतकाल आने पर घट जाता है। अकाल पीड़ित क्षेत्रों में पशुओं की समष्टि में मृत्यु तथा उत्प्रवासन दर बढ़ जाती है।

मलेरिया का परजीवी शीतोष्ण क्षेत्रों में बहुत कम पाया जाता है परंतु उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में अधिक पाया जाता है। क्या तुम इसका कारण जानते हो ?

सापेक्ष आर्द्रता बढ़ने से आटे में घुन के लार्वा का विकास तेजी से होने लगता है। अगर सापेक्ष आर्द्रता कम हो जाती है तो तरुण सिल्वर मछली मर जाती है। मनुष्य सहित अधिकांशतः जन्तुओं की सामान्य प्रक्रियाएँ केवल एक अनुकूल तापमान के दायरे में ही संभव है।

हरे पौधों की समष्टि का घनत्व समुद्र की सतह से 200 मीटर गहराई तक प्रकाश की तीव्रता के अनुपात में कम होता जाता है। 200 मीटर गहराई के बाद कोई पौधा नहीं पाया जाता। प्रकाश की अवधि तथा तीव्रता की विविधता पर अलग-अलग जगहों के हरे पौधों के वितरण निर्भर हैं।

17.5-2 समुदाय

किसी समष्टि का अपने आप में अलग अस्तित्व नहीं हो सकता। किसी भी वातावरण में एक जीव की समष्टि अनेक दूसरे पौधों एवं जन्तुओं की समष्टियों से संबंधित होती है। कई स्पीशीज की अनेक समष्टियों के एक विशेष स्थान पर पाए जाने वाले समूह को समुदाय कहते हैं। इसे प्रायः बायोटा या जैव समुदाय कहते हैं।

एक तालाब में विभिन्न प्रकार के पौधों एवं जन्तुओं का तालाब-समुदाय बनाता है। विभिन्न प्रकार के जीव जो चरागाह में रहते हैं चरागाह समुदाय बनाते हैं। इसी प्रकार वे जो वन में रहते हैं वन समुदाय बनाते हैं। यहाँ तक कि लकड़ी के मृत लट्ठे पर पाए जाने वाले

जीव जन्तु भी एक जैव समुदाय बनाते हैं। समुदाय समष्टि से ऊँचे स्तर की जैव व्यवस्था है जो अपने आप में परिपूर्ण है। किसी समुदाय के निम्नलिखित लाक्षणिक गुण हैं :

(1) पोषी व्यवस्था,
(2) स्तरण,
(3) प्रमुखता,
(4) विविधता,
(5) पारस्परिक क्रिया, तथा
(6) अनुक्रमण।

समुदाय के विशिष्ट लक्षण

पोषी व्यवस्था

निश्चित पोषी व्यवस्था किसी समुदाय का विशिष्ट लक्षण है जिसमें विभिन्न पोषी स्तर हैं। एक समुदाय में रहने वाले जीवों को तीन पोषी स्तरों में बांटा जा सकता है—उत्पादक, उपभोक्ता एवं अपघटक।

एक समुदाय के हरे पौधे उसके उत्पादक होते हैं। वे सारे समुदाय के लिए खाद्य संश्लेषण करते हैं।

सभी प्रकार के जन्तु एवं वे पौधे जो हरे नहीं होते, हरे पौधों द्वारा उत्पादित-भोजन का प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से उपयोग करते हैं। ऐसे जीव समुदाय के उपभोक्ता होते हैं। उपभोक्ता शाकाहारी अथवा मांसाहारी हो सकते हैं। वे जन्तु जो पौधों को खाते हैं शाकाहारी कहलाते हैं और वे जो अन्य जन्तुओं को खाते हैं मांसाहारी कहलाते हैं। क्या तुम प्रत्येक समूह के पांच जन्तुओं के नाम बता सकते हो ?

उत्पादक और उपभोक्ता के मृत शरीर एवं उत्सर्जित पदार्थ को कुछ बिना हरे रंग वाले पौधे, जैसे जीवाणु (बैक्टीरिया) तथा कवक, सरल पदार्थों में परिवर्तित कर देते हैं। इन जीवों को अपघटक कहते हैं। कार्बन डाइऑक्साइड, नाइट्रेट, एवं फ़ास्फ़ेट, या अन्य पदार्थ जो अपघटन में उत्पन्न होते हैं हरे पौधों के उपयोग में पोषक तत्त्वों के रूप में पुनः आ जाते हैं।

स्तरण

बड़े स्थलीय या जलीय समुदायों में प्रत्येक जाति की समष्टि एक विशेष स्तर पर ही

रहती है। इस व्यवस्था को स्तरण कहते हैं। किसी वन समुदाय में वृक्ष शीर्ष, निचली टहनियाँ, छालवल्क, मिट्टी की पत्ती, करकट, एवं निचली मिट्टी में अलग-अलग स्पीशीज पाई जाती हैं। इसी प्रकार एक जल समुदाय में ऊपरी, निचली तथा बीच वाली सतहों के अलग-अलग निवासी होते हैं।

प्रमुखता

किसी समुदाय में एक या एकाधिक जातियाँ संख्या, भौतिक-लक्षणों या दोनों में दूसरी जातियों से अधिक महत्त्वपूर्ण होती है। घास के क्षेत्र में घास की एवं चीड़ के जंगलों में चीड़ की स्पीशीज की प्रमुखता होती है।

स्पीशीज की विविधता

एक समुदाय से दूसरे समुदाय में स्पीशीज की क़िस्में बदलती रहती हैं। उष्णकटिबंधीय वनों के समुदाय का निर्माण करने वाली स्पीशीज अत्यधिक संख्या में होती हैं जब कि ध्रुवीय समुदायों में केवल कुछ ही स्पीशीज मिलती हैं।

जीवों में पारस्परिक क्रिया

जीवों में जीवन की प्राथमिक आवश्यकताओं, जैसे भोजन, प्रजनन एवं रक्षण की पूर्ति के लिए पारस्परिक क्रियाएँ होती हैं। समुदाय के जीवों में पारस्परिक क्रियाओं के कारण विभिन्न प्रकार के संबंध स्थापित हो जाते हैं जैसा की नीचे की तालिका में दिखाया गया है।

किसी समुदाय में जीवों के पारस्परिक संबंध

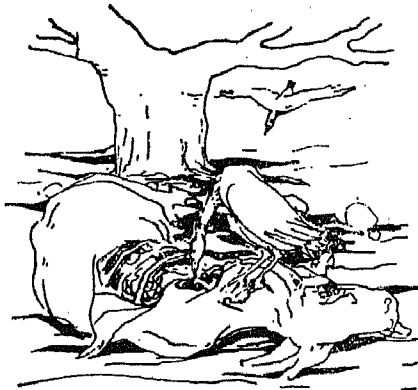
संबंध	जीवों की पारस्परिक क्रिया	
परभक्षण	परभक्षी	भक्ष्य
परजीविता	परजीवी	पोषी
अपमार्जन	अपमार्जक	मरा हुआ जीव
सहभोजिता	लाभान्वित	अप्रभावित
सहोपकारिता	लाभान्वित	लाभान्वित
प्रतियोगिता	प्रतियोगी	प्रतियोगी

परभक्षण : यह दो जीवों में ऐसा खाद्य संबंध है जिसमें एक जीव दूसरे को खाता है। जो जीव खाता है उसे परभक्षी और जिस जीव को खाया जाता है उसे भक्ष्य कहा जाता है। सिंह, हिरण को खाता है, सांप, चूहों को खाता है। इस तरह ऊपर दिए गए दृष्टान्तों में परभक्षण संबंध है। तुम यह भी देखते हो कि सांप चूहे के लिए तथा सिंह, हिरण के लिए परभक्षी हैं।

एक समुदाय में परभक्षी समष्टि, भक्ष्य समष्टि को नियंत्रित या सीमित कर सकती है।

एक स्थायी समुदाय में परभक्षी एवं भक्ष्य में संबंध धीरे-धीरे विकसित होते हैं तथा समय के साथ-साथ स्थिर होते जाते हैं। जहां परभक्षी नियंत्रण का कारक होता है वहां भक्ष्य समष्टि द्वारा उसकी अपनी ही भोजन सामग्री समाप्त होने से बच जाती है।

परजीविता : परजीविता दो जीवों में खाद्य संबंध की वह नातेदारी है जिसमें एक जीव दूसरे पर आश्रित रहता है तथा उससे भोजन प्राप्त करता है। इसमें पहले जीव को परजीवी तथा दूसरे जीव को पोषी कहते हैं। बाह्य परजीवी पोषी के ऊपर और अंतः परजीवी पोषी के अंदर रहते हैं। जब किसी परजीवी पर कोई अन्य परजीवी आश्रय प्राप्त कर लेता है तो यह संबंध दोहरी परजीविता (हाइपरपैरासिटिज़्म) कहलाता है।

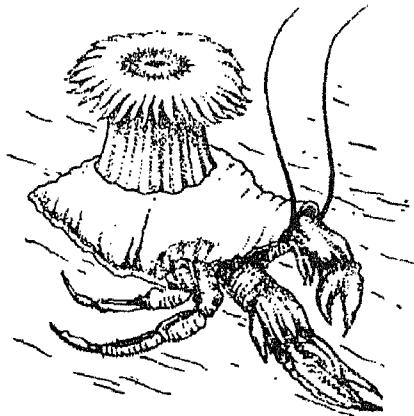
परभक्षी की तरह एक परजीवी भी किसी समष्टि के लिए सीमाकारी या नियंत्रक हो सकता है। परभक्षियों को भक्ष्य चुनने की कुछ स्वतंत्रता होती है। अधिकतर परजीवी पोषी विशिष्ट होते हैं। जब परजीवियों की एक समष्टि पोषी को समाप्त कर डालती है तो यह

चित्र 17.20 अपमार्जन : मृत जंतु को खाता हुआ गिद्ध

स्थिति परजीवी जाति के लिए भी हानिकारक हो सकती है। कई परजीवियों का जीवन चक्र बहुत जटिल होता है जिसमें कोई मध्यवर्ती या एकांतर पोषी होता है। उदाहरण के लिए मलेरिया परजीवी में मध्यवर्ती पोषक मच्छर होते हैं।

मनुष्य ने अपने परजीविता के ज्ञान का कीटों के जैव नियंत्रण में प्रयोग किया है।

अपमार्जन : अपमार्जन मरे हुए पशु के संदर्भ में भोजन संबंध है जहाँ उपभोक्ता को अपमार्जक कहते हैं (चित्र 17.20)। हायना (लक्कड़बग्घा), गिद्ध एवं गीदड़ प्रसिद्ध अपमार्जक हैं। जंगलों, कई शहरों तथा गाँवों के आसपास पड़े मृतक जन्तुओं को खाकर ये हमें अच्छी स्वच्छता सेवा प्रदान करते हैं। गिद्ध एक सर्वव्याप्त अपमार्जक है जब कि लकड़बग्घा मुख्यतया जंगलों में ही यह कार्य करता है। गीदड़ शहर एवं गांव के अपमार्जक होते हैं।

सहभोजिता : दो जीवों के ऐसे संबंधों को जिसमें एक जीव लाभान्वित होता है तथा दूसरा सामान्यत: अप्रभावित रहता है, सहभोजिता कहते हैं। यह लाभदायक संबंधों के प्रति पहला क़दम है।

अधिपादप (इपीफाइट्स) : वृक्षों का उपयोग केवल उनसे चिपकने के लिए करते हैं। वह अपना भोजन स्वयं निर्मित करते हैं। वह वृक्षों पर भोजन के लिए निर्भर नहीं होते हैं। इशरशिया कोलाई नामक बैक्टीरिया जो कि मनुष्य की बड़ी आंत में पाया जाता है वह अपने

चित्र 17.21 सहोपकारिता : समुद्री एनीमोन, हर्मिट केकड़ा के कवच से चिपक जाता है

भोजन के रूप में मनुष्य की बड़ी आंत से अपचा भोजन प्राप्त करता है। इससे मनुष्य को किसी प्रकार की हानि नहीं होती है। शार्क मछली के अधर तल से कुछ चूषक मछलियाँ चिपक जाती हैं जो कि शार्क मछली के भोजन के टुकड़ों को स्वयं का भोजन बनाती हैं।

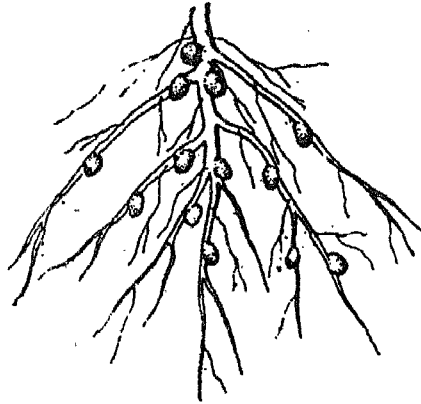
सहोपकारिता : सहोपकारिता वह व्यवस्था है जिसमें दोनों पक्षों को एक दूसरे से लाभ मिलता है। कभी-कभी, सहजीविता (सिम्बायोसिस) शब्द का उपयोग भी सहोपकारिता के लिए किया जाता है। कभी-कभी सहजीविता (सिम्बायोसिस) शब्द का उपयोग उन दोनों

चित्र 17.22 सहोपकारिता : भैंस तथा कौवे के मध्य सहोपकारिता
कौवा भैंस की त्वचा पर चिपके परजीवियों को खाता है

व्यवस्थाओं के लिए भी किया जाता है जिनको अलग-अलग सहभोजिता और परजीविता कहते हैं। सहजीविता शब्द का शाब्दिक अर्थ साथ-साथ रहने से है इसलिए इस शब्द का उपयोग कई प्रकार से किया जाता है।

सहोपकारिता के बहुत से उदाहरण दिए जा सकते हैं। गैंडे तथा "टिक" (किलनी) को खाने वाले पक्षियों के मध्य इसी प्रकार का संबंध होता है। पक्षी राहिनोसिरस की त्वचा पर से "टिक" (किलनी) को खाता है जिससे उसको भोजन तथा गैंडे को परजीवी से छुटकारा मिलता है परन्तु दोनों ही प्राणी एक-दूसरे के बिना जीवित रह सकते हैं। सीलैंटिरेट (समुद्री एनीमून) तथा क्रेष (केकड़ा) के मध्य भी इसी प्रकार का संबंध होता है (चित्र 17.21 और 17.22)।

सहोपकारिता के उदाहरण के रूप में नाइट्रोजन स्थितिकरण बैक्टीरिया जो कि दलहन आदि पौधों की जड़ों में गाँठें बनाकर रहता है, अधिकतर पढ़ा जाता है। यह बैक्टीरिया

नाइट्रोजन को वायुमंडल से प्राप्त करके पौधों को आवश्यक पोषक तत्व के रूप में प्रदान करता है जबकि पौधे इस बैक्टीरिया को भोजन प्रदान करते हैं (चित्र 17.23)।

चित्र 17.23 दलहन (लैग्युम) पौधे की जड़ों तथा नाइट्रोजन स्थिरीकरण बैक्टीरिया के मध्य सहोपकारिता का घनिष्ठ संबंध

सहभोजिता तथा सहोपकारिता यह बताती है कि प्रकृति में जीवित रहने के लिए एक दूसरे से सहयोग किस प्रकार आवश्यक है।

प्रतियोगिता : ऐसे दो जीवों के बीच पारस्परिक क्रिया को जिसके द्वारा एक वस्तु की प्राप्ति के लिए ही प्रयत्न किया जाता है,,प्रतियोगिता कहते हैं। दोनों प्रतियोगी एक ही स्पीशीज के या विभिन्न स्पीशीज के हो सकते हैं। प्रतियोगिता के द्वारा साधन एवं संख्या में संतुलन बना रहता है। उदाहरणतः उष्णकटिबंधीय सदाबहार घने वन के पौधों में रोशनी पाने के लिए होड़ लगी रहती है। इसी तरह पक्षियों में शहरों के घरों में आश्रय प्राप्त करने की बहुत कठिन प्रतियोगिता होती है पर यह ग्रामीण घरों में नहीं होती।

पौधों में रोशनी एवं खनिज लवण तथा जन्तुओं में भोजन एवं आश्रय के लिए प्रतियोगिता होती है। इसके साथ ही जाति विशेष में प्रतियोगिता प्रजनन एवं संतानोत्पादन के लिए भी होती है।

स्पीशीज विशेष में प्रतियोगिता उस स्पीशीज की समष्टि का नियंत्रण करती है। दो स्पीशीज के बीच की प्रतियोगिता दोनों-प्रतियोगियों की समष्टि के घनत्व को सीमित कर सकती

है या दोनों में से किसी एक का विलोपन कर सकती है। विकल्पतः उनमें से एक अन्य क्षेत्र में पूरी तरह आने के लिए मजबूर हो सकती है।

अभ्यास

1. संपूर्ण सजीव जगत के सामान्य लक्षण क्या हैं ?
2. "केवल सभी तत्वों का ठीक अनुपात में मिश्रण बना कर उसमें बाह्य स्रोत से ऊर्जा देना ही उसे जैव प्रक्रम करने योग्य नहीं बना देता।" क्या उपरोक्त कथन को उचित सिद्ध कर सकते हो ?
3. सजीव जगत में व्यवस्था के विभिन्न स्तर क्या हैं ?
4. प्याज की शल्क की एक कोशिका का चित्र बनाओ। इसके विभिन्न अंगों को नामांकित करो।
5. कोशिका झिल्ली की इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शीय संरचना क्या है ?
6. कौन-से कोशिकांग केवल पादप कोशिका में पाए जाते हैं ?
7. मिओसिस का विभाजन माइटोसिस के विभाजन से किस प्रकार भिन्न है ?
8. विभाज्योतक कहाँ पाए जाते हैं ? इस ऊतक के मुख्य लक्षण क्या-क्या हैं ?
9. अधिकतर विकसित पौधों में मृत कोशिकाएँ पाई जाती हैं, उनके नाम तथा गुण बताओ।
10. स्थूल कोण ऊतक तथा दृढ़ ऊतक में अन्तर बताओ।
11. जन्तु कोशिकाएँ कितने प्रकार की होती हैं ?
12. अस्थि तथा उपास्थि में क्या अन्तर है ?
13. अमीबा के शरीर में कौन-कौन-से कोशिकांग हैं ?
14. निम्नलिखित में खाली स्थानों को भरो :
    (a) अमीबा भोजन का अंतर्ग्रहण·········द्वारा करता है।
    (b) पैरामीशियम भोजन का अंतर्ग्रहण·········द्वारा करता है।
    (c) ·········में एक ही प्रकार का ऊतक होता है।
15. जड़ के कौन-कौन-से कार्य हैं ?
16. मेंढक के अंतरांगों का नामांकित चित्र बनाओ।
17. मनुष्य के मुख्य अंग-संस्थानों के नाम बताओ।

18. निम्नलिखित वक्तव्यों के लिए ज्ञानिक वैनामावली लिखो :
    1. विभिन्न स्पीशीज की कई समष्टियों का एक स्थान पर संगठन।
    2. किसी समुदाय के हरे पौधों द्वारा बनाए गए पोषी स्तर।
    3. भोजन प्रदान करने वाले पौधे।
    4. जब एक जन्तु दूसरे को प्रत्यक्षतः खाता है तो उनका आपसी संबंध।
    5. किसी समुदाय में एक स्तर पर एक समष्टि का पाया जाना।
19. निम्नलिखित वाक्यों को उचित शब्दों द्वारा पूरा करो :
    1. वातावरण में दो प्रकार के कारक होते हैं........या........और अजीवित या ....।
    2. अजैव कारक एक साथ...............का निर्माण करते हैं।
    3. ....जन्तु का वह परिवेश है जिसे वह भोजन तथा साहचर्य की खोज में व्यवहार करता है।
    4. वातावरण की प्रत्येक वस्तु जो जीवित नहीं है, वातावरण का.................. बनाती है।
    5. जिस दर से समष्टि में जन्म होते हैं उसे...........कहते हैं।
20. (a) समष्टि क्या है ? इसके लक्षण क्या-क्या हैं ? वातावरण समष्टि को कैसे प्रभावित करता है ?
    (b) अजैव कारक कौन-कौन-से हैं ? ये समष्टि को किस प्रकार प्रभावित करता है ?
21. सही उत्तर के सामने (✓) सही का निशान लगाओ :
    समुदाय संगठन है—
    (a) समान मनुष्यों का।
    (b) समान जीवों का।
    (c) एक ही स्पीशीज की कई समष्टियों का।
    (d) विभिन्न स्पीशीज की कई समष्टियों का।
22. निम्नलिखित में से कौन-सा वक्तव्य परजीवी के लिए सबसे अधिक उपयुक्त है :
    यह वह जीव है जो—
    (a) दूसरे पर जीता है तथा उससे अपना भोजन प्राप्त करता है।
    (b) दूसरे में/पर रहता है तथा उससे अपना भोजन प्राप्त करता है।
    (c) अपने भोजन के लिए औरों पर आश्रित है।

अध्याय 18

मनुष्य तथा उसका वातावरण

18.1 पारितंत्र

एक जैव समुदाय अजैव वातावरण में रहता है। जैव समुदाय तथा अजैव वातावरण के संबंध को पारितंत्र कहते हैं। तालाब, चरागाह तथा वन आदि कुछ पारितंत्रों के उदाहरण हैं। तुम्हारे स्कूल का बाग़ भी एक पारितंत्र है। यहाँ तक कि तुम्हारी प्रयोगशाला में रखी जलशाला भी पारितंत्र है।

18.1-1 एक पारितंत्र के संरचनात्मक घटक

प्रत्येक पारितंत्र में एक अजैव वातावरण एवं एक जैव समुदाय होता है।

पारितंत्र के अजैव पदार्थ निर्जीव कारक होते हैं। इस भौतिक वातावरण के अवयवों में पानी, कार्बन डाइऑक्साइड, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, कैल्शियम, फ़ास्फ़ोरस तथा अन्य तत्त्व भी होते हैं।

एक जैव समुदाय में उत्पादक (स्वपोषित), उपभोक्ता (परपोषित) तथा अपघटक (मृतजीवी) होते हैं।

जैव समुदाय एवं अजैव वातावरण दोनों एक-दूसरे पर निर्भर होते हैं। इन दोनों में विनिमय का एक जाल फैला रहता है। जब अजैव पदार्थ स्वपोषित पौधों को पोषक तत्त्व प्रदान करते हैं तो स्वपोषित पौधे इन मूल पोषक तत्त्वों एवं सूर्य के प्रकाश से अपना भोजन स्वयं बनाते हैं। जन्तु अपने भोजन का संश्लेषण करने में असमर्थ हैं अतः वे परपोषित होते हैं। वे प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से पौधों पर ही निर्भर रहते हैं। अपघटक, अपशिष्ट पदार्थों, पौधों तथा

जंतुओं के मृत शरीरों पर क्रिया करके उनको सरल कार्बनिक एवं अकार्बनिक पदार्थों में बदल देते हैं जो वापस मिट्टी में पहुँच जाते हैं। इस तरह से जैव समुदाय एवं अजैव वातावरण में पदार्थों के विनिमय का चक्र चलता रहता है।

18.1-1 संसार के मुख्य पारितंत्र (जीवोम)

प्राकृतिक पारिस्थितिक पादप जन्तुओं के समूह को जीवोम कहते हैं। जीवोम क्षेत्रीय जलवायु, क्षेत्रीय जीव समूह (जन्तु तथा वनस्पति) तथा आधारों के मध्य प्रक्रिया के फलस्वरूप उत्पन्न होते हैं। जीवोम स्थलीय समुदाय की सबसे बड़ी इकाई है जिसे आसानी से पहचाना जा सकता है।

जैसा कि आप जानते हैं कि जीवित जीवधारी सभी स्थानों पर पाये जाते हैं। उदाहरण के लिए पानी का तालाब, झील, नदी, ज्वारनद-मुख (इस्चुअरी), समुद्र, रेगिस्तान, जंगल, घास स्थल, कोरलरीफ, रसोईघर का बगीचा, प्रयोगशाला संवर्धन। इसलिए इन सबको जीवोम या पारितंत्र कहते हैं। इस प्रकार एक जीवोम प्रयोगशाला संवर्धन के समान छोटा या समुद्र और रेगिस्तान की तरह काफ़ी बड़ी इकाई हो सकता है।

पृथ्वी के जीवधारी सामान्यतः दो वर्गों में वर्गीकृत किये जाते हैं—जलीय तथा स्थलीय। जीवोम का पूर्ण वर्गीकरण निम्न है :

जलीय	स्थलीय
(a) समुद्री :	(a) वनीय :
(1) सागर	(1) उष्ण कटिबन्ध
(2) समुद्री तट	(2) शीतोष्ण कटिबन्ध
(3) ज्वारनद-मुख	(3) टैगा
(b) अलवण जलीय :	(b) घास स्थलीय :
(1) झरने और नदियाँ	(1) उष्ण कटिबन्ध
(2) झील और तालाब	(2) शीतोष्ण कटिबन्ध
(3) दलदल	(c) रेगिस्तान
	(d) टुंड्रा

जलीय जीवोम

जीवन की अति आवश्यक वस्तु जल है जो कि बहुत बड़ी मात्रा में समुद्र, झील, नदी तथा तालाबों में मिलता है। लवणता, प्रकाश, ताप, लहरें, ज्वार-भाटा, पानी का बहाव और ऑक्सीजन आवश्यक पारिस्थितिक कारक हैं जो जलीय जीवन को नियंत्रित करते हैं।

जलीय जीवन तीन श्रेणियों में बाँटा जाता है :

प्लवक, तरणक तथा नितलक। निश्चेष्ट प्लवन (तैरने) या बहने वाले सभी जीवों को प्लवक कहते हैं। प्लवक में केवल सूक्ष्म (माइक्रोस्कोप से दर्शनीय) पादप (फायटोप्लेक्टान) तथा जन्तु (जूप्लेक्टॉन) होते हैं।

(a) समुद्री

विश्व का लगभग 70 प्रतिशत भाग समुद्र है। समुद्र स्थल की अपेक्षाकृत 300 गुना अधिक स्थान जीवधारियों को रहने के लिए प्रदान करता है। समुद्र में असामान्य तापमान स्थिरता, लवणता तथा गैस पदार्थों की समरूपता पाई जाती है। समुद्र की सतह का तापमान 32°C उष्ण कटिबंधीय प्रदेशों में तथा —2°C ध्रुवीय क्षेत्रों में रहता है। औसत लवण पदार्थ 3.5 प्रतिशत होता है जिसमें सोडियम क्लोराइड की मात्रा लगभग 2.7 प्रतिशत होती है।

(1) सागर : समुद्र के उस ऊपरी भाग को जिसमें प्रकाश प्रभावी ढंग से पहुँचता है, यूफोटिक या फोटिक या सूर्य प्रकाशित क्षेत्र कहते हैं। समुद्र के प्रकाशित से नीचे के भाग (लगभग 200 मीटर या 600 फीट) से नीचे बेन्थल या बेन्थोज या नितल क्षेत्र कहा जाता है। इसको एफोटिक या अप्रकाशित क्षेत्र भी कहते हैं। यह क्षेत्र पूरी तरह से उन जीवधारियों से मुक्त होता है जिनमें प्रकाश संश्लेषण की क्रिया होती है। इस प्रकार समुद्र के प्रत्येक क्षेत्र में भिन्न-भिन्न प्रकार का वातावरण तथा स्थितियाँ पाई जाती हैं तथा प्रत्येक क्षेत्र में अलग-अलग प्रकार के जीवधारी पाए जाते हैं जो कि उनकी (क्षेत्रों की) विशेषता होती है। प्लावक जीवों में शैवाल, डायटम, प्रोटोजोआ वर्ग के प्राणी; छोटे क्रस्टेशियन तथा उनके अण्डे तथा लारवा पाए जाते हैं। तरणक जन्तुओं में मछलियाँ, कछुए, स्किवड, सील, डोलफिन्स, ह्वेल, आदि आते हैं जो कि अच्छी तरह से तैर सकते हैं और अपना स्थान अपनी मर्जी के अनुसार बदल सकते हैं। नितलक जीवों में रेंगने तथा सरकने वाले जन्तु आते हैं या फिर वे जन्तु आते हैं जो कि किसी आधार से चिपके रहते हैं। इनमें स्टारफ़िश, ब्रिटिल-स्टार, लोब्स्टर, 'सी कुकम्बर', 'सी एनीमोन', कोरल तथा बहुत से अन्य जन्तु आते हैं।

(2) **समुद्री तट :** समुद्री तट के जीव प्रबल रूप से बदलती हुई भौतिक परिस्थितियों में रहते हैं। उन्हें लगातार लहरें टक्कर मारती रहती हैं। उनमें से अनेक जंतु दिन में कम से कम दो बार समुद्र के खुले किनारे पर और फिर पानी में आते जाते हैं। इन सब मुसीबतों के बावजूद, समुद्र का तट संसार का बहुत उर्वर आवास है तथा लाखों जीवों के समूह वहां मिलते हैं।

(3) **ज्वारनद-मुख :** ज्वारनद-मुख नदी के मुहाने अथवा समुद्र तटवर्ती खाड़ी हो सकते हैं। इन क्षेत्रों में ज्वार-भाटा क्रिया एक महत्त्वपूर्ण नियंत्रक कारक है।

(b) अलवण जलीय

पृथ्वी पर अलवण जल के स्थान समुद्र की अपेक्षाकृत कम हैं। अलवणीय जल के आवास दो प्रकार के होते हैं : स्थिर जलीय आवास (उदाहरण के लिए झील, तालाब, दलदल, आदि) तथा सरित आवास (या बहने वाला जल)। इन आवासों में प्राणियों के जीवन को प्रभावित करने वाले कारकों में पानी का तापमान, उसका पारदर्शी स्वभाव तथा श्वसन के लिए आवश्यक गैसों की उपलब्धि है।

ये सभी आवश्यक वस्तुएँ समुद्री जल तथा अलवणीय जल में अलग-अलग स्तर की होती हैं।

(1) **झरने तथा नदियाँ :** झरने तथा नदियों में दो अलग-अलग क्षेत्र पाए जाते हैं जिन्हें द्रुत (रेपिड) क्षेत्र तथा कुंड क्षेत्र कहते हैं। द्रुत क्षेत्र में छिछला पानी पाया जाता है। इस क्षेत्र में पानी का बहाव तेज़ होता है जिससे पानी का तल साफ रहता है और कीचड़ तथा अन्य पदार्थ एकत्रित नहीं हो पाते हैं। इस क्षेत्र में वे पादप पाए जाते हैं जो कि किसी आधार से अच्छी तरह चिपक जाते हैं (जैसे कि पतले तन्तुओं वाले शैवाल) या फिर वे जन्तु पाए जाते हैं जो कि अच्छे तथा तेज़ तैरने वाले जन्तु हैं, उदाहरण के लिए मछलियाँ। कुंड क्षेत्रों में पानी गहरा होता है, उसका बहाव बहुत कम होता है। कीचड़ तथा अन्य पदार्थ नीचे तली में बैठे रहते हैं।

(2) **तालाब तथा झीलें :** तालाब तथा झीलों की गहराई तथा वनस्पतियों के आधार पर उनमें तीन प्रकार के क्षेत्र विभाजित किए गए हैं, उदाहरण के लिए बेलांचली (लिटोरल), सरोवरी (लिम्नेटिक) तथा प्रोफन्डल। बेलांचली क्षेत्र में पानी छिछला होता है, यह क्षेत्र किनारों के पास का होता है जहाँ सूर्य का प्रकाश पहुँच जाता है। क्षेत्र में अधिकतर गहरी जड़ों वाले पौधे पाए जाते हैं। सरोवरी क्षेत्र खुले हुए पानी का क्षेत्र होता है। यह क्षेत्र उस

गहराई तक माना जाता है जहाँ तक प्रकाश पहुँचता है। इस क्षेत्र में पाए जाने वाले जीवों में प्रोटोज़ोआ वर्ग के प्राणी (सीलियायुक्त तथा फ्लैजिलायुक्त) रोटीफर, छोटे-छोटे क्रस्टेशियन, कीट तथा उनके लारवा, शैवाल आदि हैं। प्रोफन्डल क्षेत्र खुले पानी का वह गहरा भाग है जहाँ तक सूर्य का प्रकाश नहीं पहुँचता है। इस क्षेत्र के प्राणियों में, घोंघे मसिल्स (यूनियो), झींगे, क्लैब तथा कृमि पाए जाते हैं।

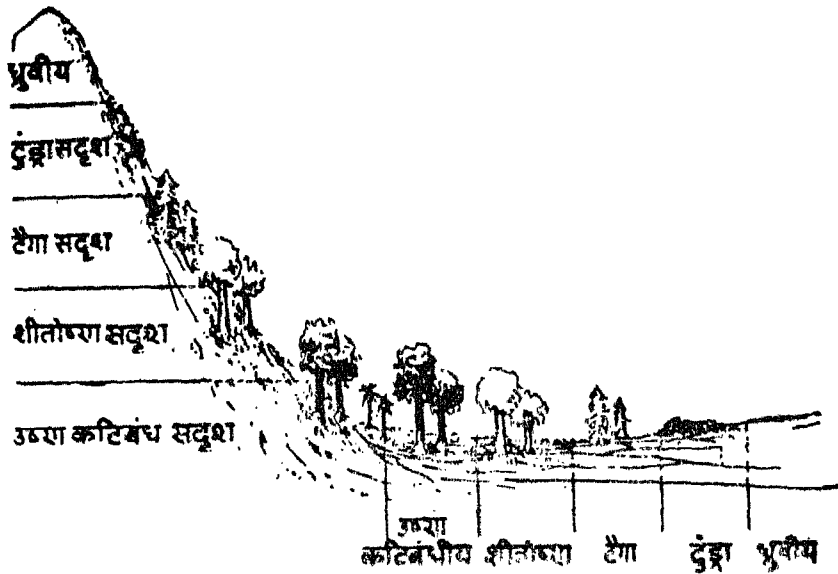
(3) **दलदल (मार्श) तथा अनूप (स्वाम्प)** : दलदल निम्न स्तरीय नम भूमि होती है जो कि बत्तखों और अन्य अंशजलीय जीवों के लिए उपयुक्त है। सड़क और रेलवे लाइन के दोनों तरफ, भारत के ग्रामीण क्षेत्रों में दलदल के टुकड़ों की क़तारें पाई जाती हैं। इन स्थानों पर पानी के बहने का कोई मार्ग नहीं होता है। वर्ष के कई महीने यह जल भरा रहता है, जिनमें रोगवाहक जीव बहुतायत से पाए जाते हैं।

अनूप या 'स्वाम्प' वह नम भूमि होती है जिसके किनारे बड़े-बड़े पेड़ तथा झाड़ियाँ पाई जाती हैं। इस प्रकार के क्षेत्र विभिन्न प्रकार के जलीय या अर्धजलीय वातावरणों को प्रदान करते हैं। इन क्षेत्रों में विभिन्न प्रकार के जलीय कीट, सरीसृप, पक्षी, आदि बहुतायत से पाए जाते हैं।

स्थलीय जीवोम

जीवन का स्थलीय संगठन भौतिक कारकों द्वारा निर्धारित होता है। कारकों में प्रमुख हैं : ऊर्जा का विकिरण, नमी (वर्षा) एवं वर्धनकाल, जो साधारणतः भूमध्य रेखा से ध्रुव तक क्रमशः कम होता जाता है। इसके परिणामस्वरूप पृथ्वी के प्रत्येक गोलार्द्ध में चार जीवोमों के वृत्तीय क्षेत्र विशेष क्रम में मिलते हैं, उष्णकटिबंधीय वर्षा के वन, शीतोष्ण कटिबंधीय पर्णपाती वन, टैगा या कोनीफेरस वन तथा टुंड्रा। किसी सम-अक्षांशीय क्षेत्र के जीवोम में भी अत्यधिक विभिन्नताएँ पाई जाती हैं जो समुद्रों तथा पहाड़ों के कारण होती हैं।

वर्षा में क्षेत्रीय विभिन्नता के कारण प्रत्येक उष्णकटिबंध या शीतोष्ण क्षेत्रों में जीवोमों का एक क्रम विकसित हो जाता है। वर्षा पर निर्भर करते हुए किसी उष्ण कटिबंध में जीवोमों का क्रम निम्नलिखित होता है : सदाबहार वन, पर्णपाती वन, घास-स्थल, मरुस्थल। ये क्षेत्र वर्षा की कमी के क्रम में यहाँ लिखे गए हैं।

पहाड़ों पर ऊँचाई के साथ-साथ वातावरण भी बदलता जाता है। पृथ्वी के भूमध्य से ध्रुव तक के जीवोमों का क्रम तथा आधार से पहाड़ों की हिमाच्छादित चोटियों तक लंब रूप में

चित्र 18.1 जीवोम की समानांतर तथा ऊर्ध्वाकार शृंखलाएँ

जीवोमों के क्रम लगभग समान होते हैं (चित्र 18.1)। टुंड्रा जैसे क्षेत्र में जीवोम बहुत ऊँचाई पर होते हैं जिन्हें अल्पाइन कहते हैं।

उष्णकटिबंधीय सदाबहार वन : सदाबहार जंगल ऐसे स्थानों पर पाए जाते हैं जहाँ लगातार अधिक वर्षा होती है एवं शुष्क ऋतु नहीं आती। ऐसे जीवोम भारत, ईस्ट इंडीज, अफ्रीका के कांगो बेसिन तथा दक्षिण अमेरिका के अमेजन बेसिन में मिलते हैं।

जंगलों में सघन तथा गहरे वृक्ष पाए जाते हैं। हमेशा हरी रहने वाली चौड़ी पत्तियाँ वृक्षों का अधिकतर भाग ढक लेती हैं जिसे वितान कहते हैं। वृक्ष, बहुवर्षी वनस्पतियों में सबसे अधिक होते हैं। इस सघन वितान की परत में से बहुत कम प्रकाश छन कर जंगल के आधार पर उगने वाली वनस्पति को मिल पाता है। इसके फलस्वरूप जंगल के आधार स्तर पर अधिक सघन वनस्पति नहीं उत्पन्न होती है। ऐसे जंगलों में चूंकि ऋतु परिवर्तन नहीं होता, चौड़ी पत्तियों वाले सदाबहार बहुवर्षीय पेड़ ही वहाँ की वनस्पति पर प्रभावी होते हैं। अनेक प्रकार

के अधिपादप तथा आरोही एवं वल्लरी पौधे जंगल के सबसे ऊँचे वितान पर अपनी पत्तियाँ फैला देते हैं। भारतीय क्षेत्र में पाए जाने वाले आर्थिक महत्त्व के पौधों में रबड़ तथा लकड़ी देने वाले वृक्ष (आबनूस, महोगनी और रोजवुड) शामिल हैं। गरम मसालों के पौधे (लौंग, दालचीनी एवं जायफल) इसी क्षेत्र तक सीमित हैं। इन क्षेत्रों का मौसम ताड़, केला, बांस, आर्किड तथा साइकैड, आदि के लिए भी उपयुक्त है।

जंगल के वितान के प्रत्येक स्तर पर अनेक प्रकार के जन्तुओं के समूह रहते हैं जो निस्संदेह अपनी ऊपरी सतह और निचली सतह के निवासी जन्तुओं से भिन्न होते हैं। निचली सतह की अपेक्षा प्राकृतिक साधन-सम्पन्न ऊपरी सतह पर अधिक जन्तु रहते हैं। पक्षी ऊपरी स्तर पर प्रभावी होते हैं।

वृक्ष के स्तनधारियों में बंदर, लेमूर और ऐंट-ईटर प्रमुख हैं। हाथी तथा टैपिर भी ऐसे स्थानों के ही निवासी हैं। पक्षियों में यहाँ तोते और पैराकीट पाए जाते हैं।

ज़मीन पर गिरी पत्तियाँ तथा मृत कार्बनिक पदार्थों की परत नम और गरम जलवायु में अपघटकों के लिए उपयुक्त हो जाती हैं। इस तरह जंगल की सतह पर कूड़ा-करकट जमा नहीं होने पाता।

उष्णकटिबंधीय पर्णपाती वन : ऐसे उष्णकटिबंधीय क्षेत्र में जहाँ शुष्क और नम ऋतुएँ होती हैं, चौड़ी पत्तियों वाले वृक्षों के वन होते हैं जिनकी पत्तियाँ शुष्क ऋतु में गिर जाती हैं। इस प्रकार के जंगल वेस्टइंडीज़, ब्राज़ील के पूर्वी क्षेत्र, भारत के मध्य पठार, हिंदचीन तथा आस्ट्रेलिया के उत्तरी पूर्वी क्षेत्र में पाए जाते हैं।

ऐसे जंगल सदाबहार जंगलों से कम गहरे तथा कम सघन होते हैं। इनमें कम स्तर होते हैं एवं यह कम ऊँचाई तक पहुँच पाते हैं। पृथ्वी पर प्रकाश अधिक मात्रा में पहुँचने के फलस्वरूप आधार पर झाड़ियों, शाकीय पौधों तथा घासों के जंगल बन जाते हैं। आरोही तो कुछ पाए भी जाते हैं परन्तु अधिपादप तथा फर्न बहुत कम होते हैं। वर्षी तथा बहुवर्षी दोनों ही प्रकार के पौधे वन की सतह की वनस्पति में होते हैं। कुछ सदाबहार वृक्ष भी इधर-उधर बिखरे हुए पाए जाते हैं। भारत के पर्णपाती वनों में मुख्य वृक्ष टीक, महोल; साल, बिजासाल, सेमल, जामुन, कुसुम, आँवला तथा पलाश के होते हैं।

शीतोष्ण पर्णपाती वन : शीतोष्ण कटिबंधीय क्षेत्रों में, जिनमें ग्रीष्म तथा शीतकाल स्पष्ट होते हैं और वर्षा भी प्रचुर मात्रा में होती है, शीतोष्ण पर्णपाती वन का जीवोम होता है। ऐसे जंगल पृथ्वी के उत्तरी गोलार्द्ध में पूर्वी अमरीका, दक्षिण-पूर्वी चीन, मंचूरिया, पश्चिमी

यूरोप; कोरिया तथा जापान में मिलते हैं। दक्षिणी गोलार्द्ध में इसी तरह के जंगल आस्ट्रेलिया के पूर्वी कटिबंध तथा न्यूज़ीलैंड में पाए जाते हैं।

इन जंगलों में दो मंज़िले वितान होते हैं। यह औसतन 39 मीटर तक ऊँचे होते हैं। निचले वितान से नीचे झाड़ियाँ होती हैं तथा आधार पर शाकीय माँस तथा लाइकेन की परत।

चौड़ी पत्ती वाले पर्णपाती वृक्ष पतझड़ में अपनी पत्तियाँ गिरा देते हैं तथा शीतकाल में नग्न ही रहते हैं परंतु बसंत ऋतु में नए सिरे से हरे-भरे हो जाते हैं। अमरीकी जंगलों के ऐसे लक्षण स्वरूप वृक्ष एलम, बीचेज, ओक एवं हिकोरी है।

कीट सभी स्तरों पर पाए जाते हैं। पक्षी तथा छोटे स्तनधारी पेड़ों की गुहा में रहते हैं। झाड़ियों में मकड़े, सरीसृप तथा कुछ पक्षी बसते हैं।

टैगा : पृथ्वी के उत्तरी गोलार्द्ध में टैगा उत्तरी अमरीका से यूरेशिया तक फैला हुआ है। इसी प्रकार का टैगा दक्षिणी गोलार्द्ध में न्यूज़ीलैंड के दक्षिणी द्वीप पर भी पाया जाता है। यह लंबी तथा कड़ी सर्दी, कम गर्म ग्रीष्म एवं कम वर्धनकाल में पाया जाने वाला जीवोम है। सूई के आकार की पत्तियों वाले कोनीफर जो 10 मीटर ऊँचाई तक पहुँच जाते हैं इस क्षेत्र के लक्षण स्वरूप हैं। यहाँ की वनस्पति चार स्तरों में विभाजित होती है : सदाबहार वृक्ष, बौनी झाड़ियाँ, कम ऊँचे शाकीय पौधे तथा आधार के माँस एवं लाइकेन।

जंगल की धरती टहनियों एवं सूई के आकार की पत्तियों से आच्छादित रहती है क्योंकि यहाँ की जलवायु अपघटक जीवों के लिए उचित नहीं होती।

साधारणतः एक अकेली स्पीशीज़ के वृक्ष अधिक क्षेत्र में फैले रहते हैं। अधिकतर प्रभावी स्पीशीज़ में स्प्रूस, फर, चीड़, सफेदा (पापलर), वर्च तथा ऐस्पेन हैं।

ग्रीष्मकाल में टैगा में अनेक प्रकार के कीट तथा कीट-भक्षी पक्षी निवास करते हैं। शर्मीले, सुस्त तथा छोटे स्तनधारी जैसे मूज, बीबर, कस्तूरी, खदुर तथा गिलहरी होते हैं। शरद ऋतु में कीट निष्क्रिय हो जाते हैं, पक्षी दक्षिण की तरफ प्रवास कर जाते हैं तथा स्तनधारी निष्क्रिय शीत-निद्रा में समय गुज़ारते हैं। बारहसिंगे तथा समान जंतु आर्कटिक टुंड्रा से आकर यहाँ शीतकाल बिताते हैं।

घास स्थलीय

घास-स्थल का जीवोम उष्ण तथा शीतोष्ण कटिबंध में होता है जहाँ साल भर अनिश्चित

तथा समय-समय पर 25 से 100 सें० मी० तक की वर्षा होती है। घास, दलहन तथा सूर्यमुखी परिवार के सदस्य इस क्षेत्र की वनस्पति में प्रमुख होते हैं।

उष्णकटिबंधीय घास-स्थल : दक्षिणी अमेरिका, अफ्रीका, भारत तथा आस्ट्रेलिया में पाए जाते हैं।

घनी लम्बी घास में दूर-दूर वृक्षों का होना सवाना जीवोम का लक्षण है जिसमें जगत प्रसिद्ध शिकार किए जाने वाले जन्तु आश्रय लेते हैं।

शीतोष्ण घास-स्थल : पृथ्वी के उत्तरी तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में होते हैं। उत्तरी गोलार्द्ध में यह उत्तरी अमेरिका, पूर्वी यूरोप, उत्तरी एवं पश्चिमी एशिया और दक्षिणी गोलार्द्ध में यह आस्ट्रेलिया तथा दक्षिण अफ्रीका में पाए जाते हैं। उत्तरी अमेरिका में इन घास स्थलों को प्रेअरीज़ अथवा मैदानी क्षेत्र, यूरेशिया में स्टेप्स तथा दक्षिणी अफ्रीका में वेल्डट् कहते हैं।

(c) मरुस्थल

पृथ्वी का लगभग 1/5 भाग मरुस्थल है। इस क्षेत्र में साल भर में 25 सें० मी० से कम वर्षा होती है। यह वर्षा भी कुछ क्षेत्रों में सीमित रहती है जिन्हें मूसलाधार वर्षा के क्षेत्र कहते हैं। साधारणत: घास-स्थल के अंत से मरुस्थल आरम्भ होते हैं।

उत्तरी गोलार्द्ध में संसार के प्रमुख मरुस्थल निम्नलिखित हैं : अमरीका के बड़े पश्चिमी मरुस्थल (डेथ वैली), अफ्रीका का सहारा क्षेत्र तथा एशिया के गोबी, अरेबियन तथा थार रेगिस्तान, दक्षिणी गोलार्द्ध में दक्षिणी अमेरिका के अतकामा तथा पेटागोनियन मरुस्थल, अफ्रीका के कालाहारी एवं आस्ट्रेलिया के रेगिस्तान हैं।

इन क्षेत्रों में वर्धनकाल बहुत सीमित होता है। अधिकतर पौधे नमी के दिनों में ही उगने तथा परिपक्व होने के लिए अनुकूलित होते हैं। इस प्रकार के पौधों में एकवर्षी (घासें), कटीली झाड़ियां, मांसलोद्‌भिद (कैक्टस) तथा सूक्ष्म वनस्पति (मॉस, लाइकेन और नील हरित शैवाल) होते हैं। यहाँ पौधे दूर-दूर उगे होते हैं।

मरुस्थल में वनस्पति एवं जल की कमी के कारण प्राणिजात सीमित होते हैं। मुख्य बात पानी की कमी होती है। शाकाहारी जन्तुओं में पहाड़ी भेड़ तथा हिरण, रोडेंट (चूहे), कंगारू और ऊँट होते हैं। लोमड़ियाँ, भेड़िए, उल्लू, छोटे कीटभक्षी, कई प्रकार के सर्प (शृंगीवाइपर, रेट्ल सर्प, करैत) तथा छिपकलियाँ (गिलामौंसटर, रेगिस्तानी छिपकली) आदि होते हैं।

(f). टुंड्रा

आर्कटिक महासागर तथा ध्रुवीय बर्फ की चोटी के दक्षिण एवं टैगा क्षेत्र के उत्तर में ध्रुव के चारों ओर के प्रदेश को आर्कटिक टुंड्रा कहते हैं। दक्षिणी गोलार्द्ध के तदनुरूपी प्रदेश का अधिकतर भाग आर्कटिक घास-स्थल, जहाँ पर अधिकतर घास जमी रहती है, समझा जा सकता है। इस क्षेत्र में पेड़ बिल्कुल नहीं होते। इस जगह की वनस्पति में कुछ लाइकेन की स्पीशीज, मॉस, झाकीय घास, प्रतृण (सेज) तथा झाड़ी वाले पौधे होते हैं। ये पौधे बहुत कम ऊँचे होते हैं तथा इन की पत्तियाँ छोटी, रूयेंदार होती हैं या उनके किनारे मुड़े होते हैं। फूल अनुपात में बड़े चमकीले, रंगदार होते हैं तथा वे खिलते और परिपक्व हो जाते हैं।

टुंड्रा की वनस्पति पर कुछ कीटों, पक्षियों तथा स्तनधारियों की स्पीशीज निर्भर रहती हैं। यहाँ पर जल-स्थलचर या सरीसृप वर्ग के जन्तु नहीं पाए जाते हैं।

ध्रुव प्रदेश

टुंड्रा क्षेत्र के आगे ध्रुवीय प्रदेश आता है जिसमें मिट्टी दिखाई नहीं देती तथा यह सदैव स्थायी रूप से हिमाच्छादित रहता है। इस क्षेत्र में वनस्पति बिल्कुल नहीं पाई जाती लेकिन फिर भी यह क्षेत्र जीवन शून्य नहीं है। यहाँ जीवन के प्रतीक कुछ जन्तु पाए जाते हैं जैसे ध्रुवीय आर्कटिक क्षेत्र में ध्रुवीय रीछ, वालरस तथा सील और एंटार्कटिक क्षेत्र में पेन्गुइन। स्थलीय पारितंत्र इन परपोषित जन्तुओं का पोषक नहीं होता बल्कि इनका संबंध समुद्री पारितंत्र से होता है।

18.1-3 अप्राकृतिक पारितंत्र

कृषि के क्षेत्र, जैसे धान, गेहूँ, तथा मक्का के खेत, सब्जियों के खेत, बाग बगीचे, आदि अप्राकृतिक पारितंत्र के उदाहरण हैं। ये मनुष्य के द्वारा बनाए पारितंत्र हैं। इसी तरह एक संतुलित जलशाला अप्राकृतिक पारितंत्र का उदाहरण है। एक अंतरिक्ष यान जिसमें मनुष्य भी हो, पारितंत्र समझा जा सकता है, क्योंकि यान के संपुट में पृथ्वी का समदर्शी वातावरण होता है। पारितंत्र केवल चंद दिनों के लिए ही सीमित रहता है। लम्बी यात्रा के लिए स्वयं में पूर्ण किसी अंतरिक्ष यान में पारितंत्र के चारों मूल तत्त्व, अर्थात उत्पादक, उपभोक्ता, अपघटक तथा अजैव पदार्थ होने आवश्यक हैं।

18.2 जीवमंडल

पृथ्वी की सतह पर जीवों के समूह को तथा उनको घेरे हुए, पानी के स्तर, वायु तथा मिट्टी की परतों को जीवमंडल कहते हैं।

जीवित विश्व में 10 लाख से भी ज्यादा क़िस्मों के जीव पाए जाते हैं जो कि अपनी आवश्यकताओं के लिए पृथ्वी पर निर्भर रहते हैं तथा ये जीव विभिन्न कार्यों के लिए ऊर्जा की सतत आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए सूर्य पर निर्भर रहते हैं। यह बहुत महत्त्वपूर्ण रहेगा कि हम ऊर्जा के प्रवाह तथा विभिन्न पदार्थों के चक्रों का अध्ययन करें।

18.2-1 ऊर्जा का प्रवाह

सजीव जगत का निर्वाह करने वाली ऊर्जा सूर्य से प्राप्त होने वाली प्रकाश ऊर्जा है। सूर्य से बहुत बड़ी मात्रा में विकिरण ऊर्जा प्राप्त होती है। सौर विकिरण जो कि वातावरण से होता हुआ पृथ्वी तक आता है, काफ़ी क्षीण हो जाता है और इसकी केवल कम मात्रा पृथ्वी तक पहुँच पाती है।

(1) पृथ्वी पर प्राप्त सौर ऊर्जा

पृथ्वी की सतह पर पहुँचने वाली ऊर्जा का कुछ अंश वापस परिवर्तित हो जाता है। पृथ्वी की सतह पर कुल विकिरण का केवल कुछ प्रतिशत अंश ही पौधों से टकराता है। इसका अधिकांश भाग परावर्तित हो जाता है और वाष्पोत्सर्जन प्रक्रिया के समय ऊष्मा के रूप में नष्ट हो जाती हैं। सौर ऊर्जा का बहुत कम भाग पादपों द्वारा अवशोषित किया जाता है और उसका उपयोग प्रकाश संश्लेषण की क्रिया में किया जाता है। प्रकाश संश्लेषण की क्रिया में पृथ्वी पर सूर्य से आने वाली ऊर्जा का 0.1 प्रतिशत ही उपयोग हो पाता है। यह मात्रा 4×10^{13} कै० प्रति सेकण्ड होती है।

(2) प्रकाश ऊर्जा का प्रग्रहण

कोई भी जंतु जैव कार्यों के लिए सूर्य के प्रकाश का प्रयोग नहीं कर सकता। हरे पौधों में पर्णहरित होता है। इसमें हरे रंग की किरणों को छोड़कर अधिक या कम मात्रा में सभी

प्रकाश किरणों का अवशोषण करने की योग्यता है। प्रकाश-संश्लेषण क्रिया के दौरान पर्णहरित में प्रकाश ऊर्जा रासायनिक ऊर्जा में बदल जाती है। पर्णहरित में प्रग्रहीत ऊर्जा, पानी तथा कार्बन डाइऑक्साइड से कार्बोहाइड्रेट बनाती है। इस प्रकार अवशोषित प्रकाश ऊर्जा रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित होकर प्रग्रहीत हो जाती है। इस प्रकार सौर ऊर्जा जीवमंडल में प्रकाश संश्लेषण की क्रिया के द्वारा प्रवेश करती है। अंतरिक्ष क्रियाओं में यह अत्यधिक महत्त्वपूर्ण क्रिया है जो कि भौतिक ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित करती है और अजीवित विश्व को जीवितों से जोड़ती है।

(3) ऊर्जा का पथ

जिस पथ पर यह ऊर्जा प्रवाहित होती है, उसका दो प्रकार से अध्ययन किया जा सकता है।

(a) हम समुदाय की स्पीसीज़ में आहार संबंध मालूम करते हैं। यह क्रिया आहार श्रृंखला, आहार जाल तथा पोषण स्तर के रूप में वर्णित करते हैं।

(b) हम ऊर्जा प्रवाह को जीवों की संख्या, उनके जीवोम तथा उनमें निहित ऊर्जा के रूप में भी अंकित करते हैं।

(1) आहार श्रृंखलाएँ : हरे पौधे जो कि प्रकाश संश्लेषण की क्रिया में पृथ्वी से आवश्यक पदार्थों को लेकर तथा सूर्य से ऊर्जा लेकर भोजन बनाते हैं इसलिए हरे पौधे सजीव जगत के उत्पादक हैं। भोजन पदार्थों के साथ स्थितिक ऊर्जा समुदाय के उत्पादकों से उपभोक्ताओं तक एक अनुक्रम में गुजरती हैं तथा यह प्रत्येक अवस्था में ऊष्मा के रूप में खो जाती है। आहार श्रृंखला के अध्ययन से हमें ऊर्जा प्रवाह के मार्ग का पता चल सकता है। एक आहार श्रृंखला ऊर्जा के प्रवाह के एक मार्ग को प्रदर्शित करती है। उदाहरणार्थ गिर वन समुदाय में घास को हिरन खाता है (चित्र 18.2)। इस ऊर्जा प्रवाह को आहार श्रृंखला में निम्नलिखित ढंग से प्रदर्शित करते हैं :

घास	→	हिरन	→	सिंह
(उत्पादक)		(प्रथम क्रम का उपभोक्ता)		(द्वितीय क्रम का उपभोक्ता)

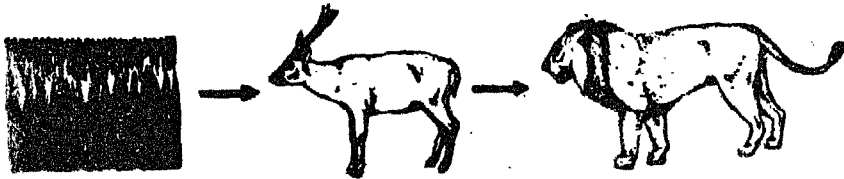
स्थल समुदायों में, जहाँ बड़े शाकाहारी होते हैं वहाँ आहार श्रृंखला प्रायः छोटी, दो या तीन कड़ियों वाली होती है।

तालाबों में, जहाँ छोटे शाकाहारी होते हैं वहाँ आहार शृंखला का क्रम इस प्रकार होता है :

शैवाल→प्रोटोजोआ→छोटे जलीय कीट→बड़े जलीय कीट→छोटी मछलियाँ→बड़ी मछलियाँ ।

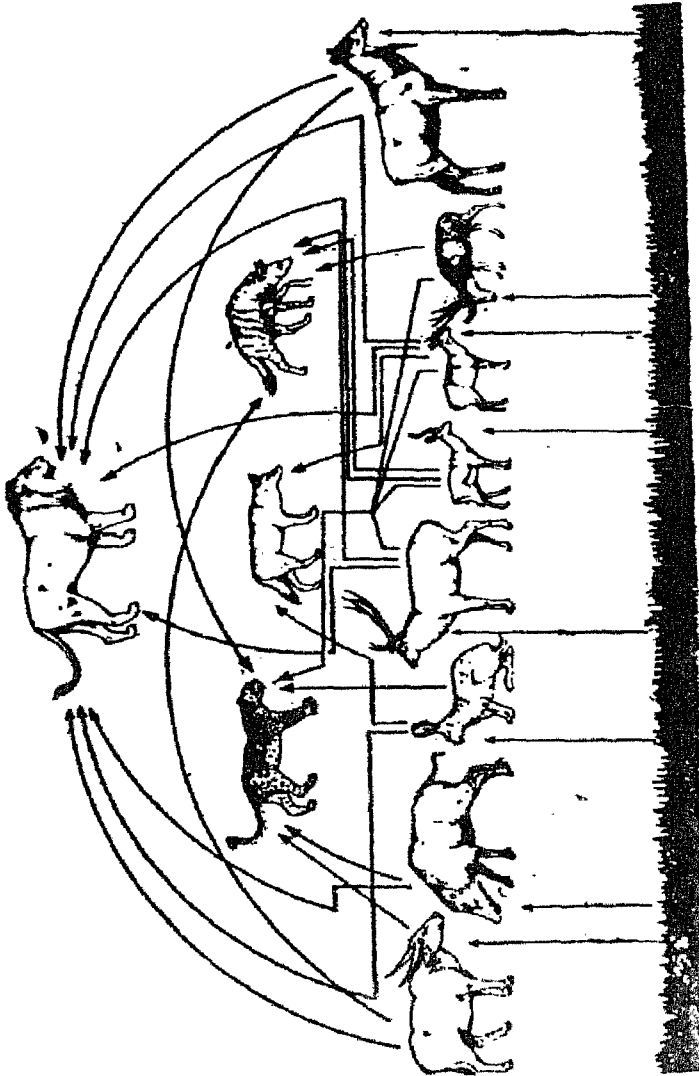
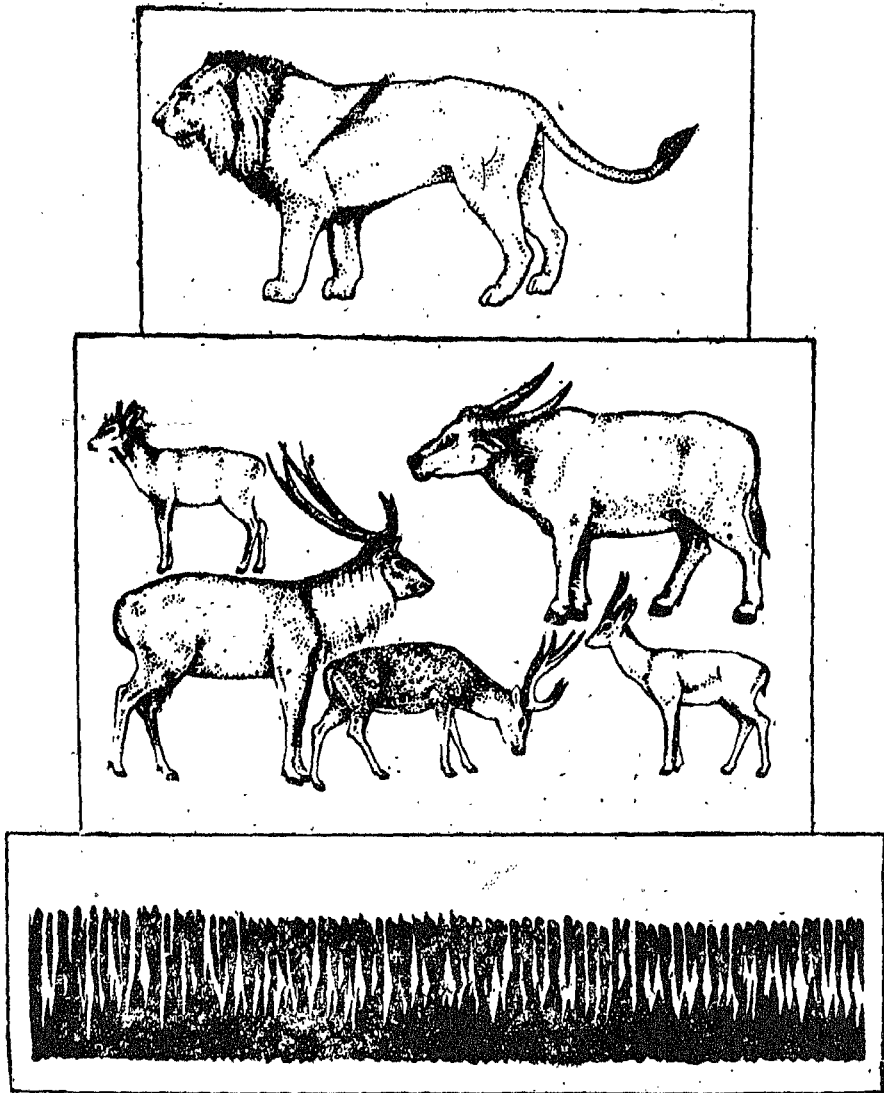
समुद्र में क्रम इस प्रकार होता है :

पादप प्लवक→जन्तु प्लवक→छोटी मछली→बड़ी मछली→अधिक बड़ी मछली ।

(2) **आहार जाल :** एक समुदाय में असंख्य आहार शृंखलाएं होती हैं । इनमें से बहुत सी शृंखाएँ ऐसी स्पीसीज़, के द्वारा परस्पर संबंधित होती हैं जो एक से अधिक कड़ियों में पाई जाती हैं । हम परस्पर संबंधित आहार शृंखलाओं को जो स्पीसीज के संबंधों का जाल क्रम

चित्र 18.2 सरल आहार शृंखला : घास → हिरन → सिंह

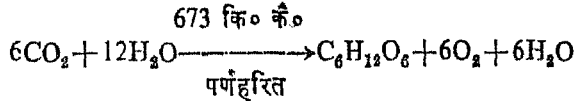
बनाती हैं, आहार जाल कहते हैं (चित्र 18.3) । चित्र में दिए जंगल समष्टि के आहार जाल से तुम समझ सकते हो कि वहां जटिल मार्गों से होकर ऊर्जा प्रवाहित होती है ।

(3) **पोषी स्तर :** आहार शृंखला में प्रत्येक कड़ी को पोषी स्तर कहते हैं । पौधे उत्पादन करते हैं इसलिए यह पहला पोषी स्तर होता है । शाकाहारी जो आहार क्रम के पहले उपभोक्ता होते हैं, पोषी स्तर में द्वितीय होते हैं तथा मांसाहारी जो शाकाहारियों को खाते हैं, पोषी स्तर में तृतीय होते हैं । बड़े मांसाहारी जीव जो छोटे मांसाहारियों को खाते हैं, चौथा पोषी स्तर बनाते हैं ।

यदि हम एक आहार शृंखला के प्रत्येक पोषी स्तर पर रहने वाले जीवों की संख्या में तुलना करें तो हम उस शृंखला को संख्या पर आधारित पिरैमिड के रूप में प्रदर्शित कर सकते हैं (चित्र 18.4) । इस पिरैमिड के आधार में उत्पादक तथा शीर्ष में शृंखला का अन्तिम क्रम उपभोक्ता होता है । पिरैमिड अत्यन्त सरल करके बताया गया है जबकि प्रकृति में सिंह सिर्फ हिरन को ही नहीं बल्कि चिकारा, जंगली सूअर, भैंस, सांभर तथा चौसिंगा को भी खाता है । एक पारितंत्र में ऐसे कई पिरैमिड हो सकते हैं जिनके शिखर पर भिन्न जीव हों ।

चित्र 18.3 कल्पनात्मक जंगल का आहार जाल

चित्र 18.4 शेर का आहार पिरैमिड

ऊर्जा स्थिरिकरण की मात्रा

प्रकाश संश्लेषण समीकरण से ऊर्जा स्थिरिकरण की मात्रा एवं दर माप सकते हैं। यह क्रिया लगभग 673 कि० कै० ऊर्जा अवशोषण करने से होती है।

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{पर्णहरित}]{\text{673 कि० कै०}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

अगर ऊपर दिए गए समीकरण के एक घटक की मात्रा पता हो तो समीकरण के दूसरे घटकों की मात्रा निकाली जा सकती है।

ऊर्जा स्थितिकरण की मात्रा लगभग 0.2 प्रतिशत (जलीय पारितंत्र) में से लेकर अत्यधिक 5 प्रतिशत तक होती है (दक्ष कृषि पारितंत्र में)।

एक पारितन्त्र के उत्तरोत्तर पोषण स्तर में ऊर्जा के स्थानान्तरण के दौरान पूरे मार्ग में ऊर्जा का ह्रास होता रहता है। कोई भी स्थानान्तरण 100 प्रतिशत दक्ष नहीं होता। अब प्रश्न यह उठता है कि उत्पादक की ऊर्जा का कितना भाग शाकाहारी तथा मांसाहारी के मांस में रूपांतरित हो जाता है। सन् 1942 ई० में लिंडेमान ने एक महत्वपूर्ण '10 प्रतिशत का नियम' दिया। यह नियम बताता है कि प्रकृति में किसी समष्टि में प्रवेशी ऊर्जा का कुछ अंश दूसरी समष्टि जो कि भोजन के लिए प्रथम समष्टि पर निर्भर करती है, में जाने के लिए उपलब्ध है पर वास्तविक मात्रा में अन्तर होता है। चरण श्रृंखला में खाए हुए भोजन की लगभग 10 प्रतिशत मात्रा खाने वाले की जैव मात्रा में बदल जाती है। उदाहरणार्थ, घास का 100 किलोग्राम कार्बनिक पदार्थ 10 कि० ग्राम हिरन के मांस में परिवर्तित हो जाता है जो बाद में 1 कि० ग्राम सिंह का मांस बनाता है।

18.2-2 पदार्थों के चक्र

पृथ्वी पर जीवन ऊर्जा की उपलब्धि पर निर्भर करता है। इसके अतिरिक्त कुछ अन्य पदार्थ तथा उनके यौगिकों के चक्र भी जीवन के लिए अत्यन्त आवश्यक तथा उपयोगी होते हैं। इन पदार्थों तथा यौगिकों को पादप तथा जन्तु अपने सामान्य विकास तथा वृद्धि के लिए उपयोग करते हैं। इन पदार्थों को जैव जीवी पोषक तत्त्व कहते हैं। ये दो प्रकार के होते हैं : स्थूल पोषक या मेक्रोन्यूट्रिएंट तथा सूक्ष्मपोषक या माइक्रोन्यूट्रिएंट। स्थूल पोषक में यौगिक तथा उनसे बने अन्य पदार्थ आते हैं जो कि अन्य पदार्थों की तुलना में अधिक मात्रा में आवश्यक होते

हैं। उदाहरण के लिए कार्बन, नाइट्रोजन, ऑक्सीजन, पोटैशियम, कैल्शियम, मैग्नीशियम, फ़ास्फ़ोरस, आदि। सूक्ष्मपोषक भी अत्यधिक आवश्यक तत्व होते हैं और बहुत कम मात्रा में पाए जाते हैं। उदाहरण के लिए आयरन, जिंक, ताँबा, सोडियम, मोलीब्डेनम, कोबाल्ट, स्ट्रोन्शियम, बोरेक्स, आदि। इसलिए पारितन्त्र में इन पदार्थों के चक्र को समझना आवश्यक है। ये पदार्थ अजीवितों से जीवितों में तथा पुनः अजीवितों में वापिस जाते हैं। यह लगभग चक्रीय मार्ग होता है। इस चक्र को जैव-भूगर्भीय-रासायनिक चक्र कहते हैं।

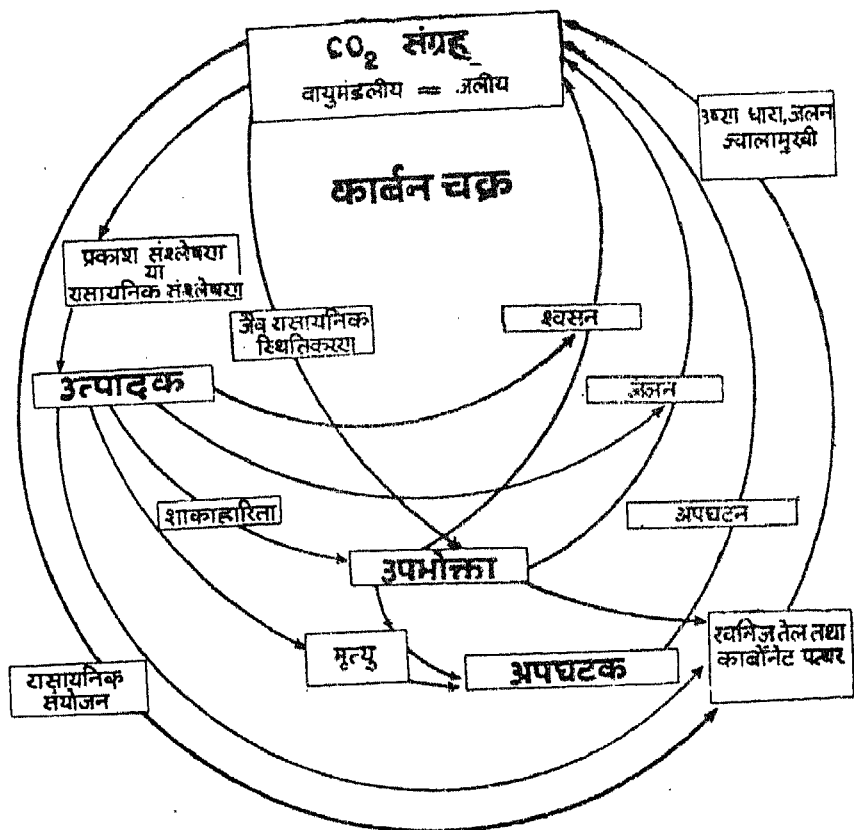
कार्बन चक्र

कार्बन उन सभी कार्बनिक पदार्थों की संरचना का आधार है जिनसे सभी जीव बनते हैं। कार्बन कई रूपों में मिलता है, उदाहरण के लिए कार्बोहाइड्रेट्स, वसा, प्रोटीन तथा न्यूक्लिक अम्ल। कार्बन चक्र एक सम्पूर्ण चक्र है (चित्र 18.5) क्योंकि कार्बन वायुमंडल को उसी गति से वापिस किया जाता है जिस गति से ये वायुमंडल में से उपयोग किया जाता है। कार्बन आधारभूत प्रवाह वायुमंडल के भंडारों से उत्पादकों में होता है। यहाँ से यह उपभोक्ताओं में तथा पुनः वापिस वातावरण में पहुँचता है। वायुमंडल में कार्बन डाइऑक्साइड की सांद्रता 0.03 से 0.04 प्रतिशत तक है।

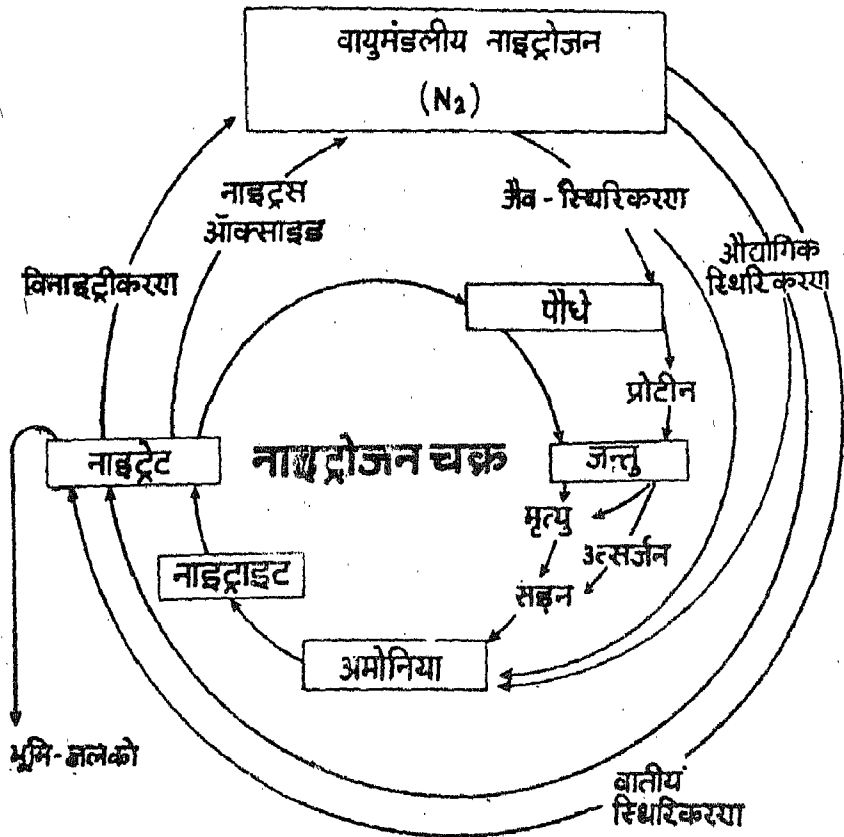
ऑक्सीजन चक्र

ऑक्सीजन पृथ्वी के वायुमंडल में जीवनदायी गैस है। पृथ्वी के वायुमंडल में 21 प्रतिशत ऑक्सीजन पाई जाती है। यह पानी में भी घुली रहती है। ऑक्सीजन, प्रकाश संश्लेषण के फलस्वरूप भी उत्पन्न होती है। पादप तथा जन्तु ऑक्सीजन का उपयोग श्वसन में करते हैं तथा उसे वायुमंडल तथा जल में कार्बन डाइऑक्साइड के रूप में वापिस करते हैं। कार्बन डाइऑक्साइड हरे पौधों के द्वारा उपयोग कर ली जाती है। कार्बन डाइऑक्साइड प्रकाश संश्लेषण की क्रिया में उपयोग होने वाला प्रमुख कच्चा पदार्थ है। इस क्रिया में ऑक्सीजन पुनः पारितन्त्र को प्रदान कर दी जाती है।

हाइड्रोजन चक्र

हाइड्रोजन के प्राप्त करने का एक मात्र स्रोत पानी का अणु है। प्रकाश संश्लेषण

चित्र 18.5 कार्बन चक्र

की क्रिया में पानी का अणु टूट कर ऑक्सीजन तथा हाइड्रोजन बनाता है। हाइड्रोजन ग्लूकोज के अणु-संश्लेषण में प्रवेश करता है। ग्लूकोज के द्वारा यह शरीर के अन्य कार्बनिक पदार्थों में परिवर्तित होता है। श्वसन के समय ग्लूकोज की ऑक्सीकरण क्रिया में हाइड्रोजन ऑक्सीकृत होकर पानी बनाती है।

कार्बन, ऑक्सीजन तथा हाइड्रोजन चक्र एक दूसरे से इस प्रकार संबंधित रहते हैं कि उनको एक दूसरे से अलग नहीं किया जा सकता है। ये तीनों चक्र उत्पादक, उपभोक्ता तथा

चित्र 18.6 नाइट्रोजन चक्र

अपघटक से संबंधित रहते हैं तथा ये आपस में मिलकर एक कार्बन-ऑक्सीज़न-हाइड्रोजन चक्र बनाते हैं। इस मिश्रित चक्र को ऊर्जा चक्र कहते हैं। यह चक्र जीवमंडल में ऊर्जा के प्रवाह को प्रारम्भ से अंत तक नियंत्रित करता है।

नाइट्रोजन चक्र

सजीव वस्तुओं के महत्त्वपूर्ण पदार्थ प्रोटीन एवं नाभिक अम्लों का एक आवश्यक घटक नाइट्रोजन है। हमारे वायुमंडल में नाइट्रोजन का विपुल भंडार है। वायुमंडल में नाइट्रोजन 78 प्रतिशत होती है। लेकिन कार्बन चक्र की तुलना में वायुमंडलीय नाइट्रोजन सिर्फ कुछ साधारण पौधों द्वारा प्रोटीन संश्लेषण में व्यवहृत होती है। वायुमंडलीय नाइट्रोजन का हरे पौधों में प्रयोग करने से पहले अकार्बनिक (नाइट्राइट, नाइट्रेट) अथवा कार्बनिक (अमीनो अम्ल) यौगिकों के रूप में परिवर्तित होना आवश्यक है। अगर एक बार मिट्टी में इन यौगिकों के रूप में नाइट्रोजन उपलब्ध हो तो यह नाइट्रोजन पारितंत्र में चक्रित एवं पुनश्चक्रित होती रहती है। वायुमंडल नाइट्रोजन का प्रमुख स्रोत है फिर भी कार्बनिक अथवा अकार्बनिक रूप में प्राप्त नाइट्रोजन का भंडार मिट्टी में ही एकत्रित रहता है (चित्र 18.6)।

नाइट्रोजन चक्र को पाँच मुख्य भागों में बाँटा जा सकता है: नाइट्रोजन यौगिकीकरण, नाइट्रोजन स्वांगीकरण, अमोनीकरण, नाइट्रीकरण एवं विनाइट्रीकरण।

अन्य आयनों के चक्र

अन्य तत्त्व जो कि सजीव वस्तुओं की रचना में आते हैं, स्थलमंडल जैसे पृथ्वी की शैलीय पर्पटी में पाए जाते हैं। उदाहरणार्थ फ़ास्फ़ोरस तथा कैल्शियम के चक्रों का वर्णन नीचे किया गया है।

फ़ास्फ़ोरस चक्र : यह विभिन्न कार्बनिक यौगिकों में होता है जो जैव प्रक्रम में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

जीवमंडल में फ़ास्फ़ोरस फ़ास्फेट आयन के रूप में आता है। पौधे मूल रोमों द्वारा इन फ़ास्फेट आयनों का अवशोषण करते हैं, तथा जैसे-जैसे प्रक्रियाएँ होती रहती हैं, वैसे ही वैसे विभिन्न प्रकार के फ़ासफेट युक्त यौगिक बनते जाते हैं। यह फ़ासफ़ेट कार्बन फास्फेट के रूप में उपभोक्ता में स्थानान्तरित हो जाती है। वर्ज्य पदार्थ एवं मृत पौधों तथा पशुओं पर अपघटक (कवक एवं जीवाणु) क्रिया करते हैं तथा फ़ास्फेट आयनों को वापस मृदा में भेज देते हैं।

कैल्शियम चक्र : कैल्शियम पृथ्वी की चट्टानों में कैल्शियम के यौगिकों के रूप में मिलता है। यह अधिकतर घुलनशील होने के कारण जल में भी मिलता है।

जीव जो पानी पीते हैं, उसमें से घुले हुए कैल्शियम यौगिक ले लेते हैं। पौधे जड़ों द्वारा मृदा से इन कैल्शियम यौगिकों का अवशोषण करते हैं तथा इन्हें जैव पदार्थों में संलग्न कर लेते हैं। कार्बनिक कैल्शियम यौगिक आहार श्रृंखला द्वारा विभिन्न जीवों में चले जाते हैं। अपघटन से कैल्शियम मृत पौधों एवं जन्तुओं में से निकलकर वापस मृदा अथवा पानी में चला जाता है।

18.3 पारिस्थितिक संकट

तुमने पहले ही पढ़ा है कि कोई भी जीव अकेले अपना जीवन व्यतीत नहीं कर सकता है। सभी जीवित अन्य जीवित वस्तुओं पर निर्भर हैं। जब आहार श्रृंखला का अध्ययन किया था तब तुमने पढ़ा था कि हिरन को जीवित रहने के लिए घास की आवश्यकता होती है। ध्यान देने योग्य बात यह नहीं है कि केवल कुछ जीवितों के जीवन के लिए अन्य जीवितों की सहायता चाहिए बल्कि यह है कि सभी जीवितों के लिए सभी अन्य जीवितों की सहायता चाहिए। इस बात को सदैव समझ पाना आसान नहीं है क्योंकि जीवन की विभिन्न क़िस्में सदैव एक दूसरे से सीधे संबंधित नहीं होती हैं। यह संबंध अप्रत्यक्ष तथा किसी जटिल विधि के द्वारा हो सकता है। दूसरे शब्दों में पादप, जन्तु, पक्षी, मछली, सरीसृप, कीट, आदि सभी एक दूसरे से संबंधित हैं और संबंध काफ़ी बड़ा तथा जटिल संस्थान है जहाँ पर वह सभी एक दूसरे पर प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से निर्भर हैं। यह बड़ा संस्थान जैविक समुदाय कहलाता है। चूंकि इसका प्रत्येक भाग दूसरे अन्य भागों पर निर्भर है इसलिए यह समझा जाता है कि कोई भी जैविक समुदाय तभी जीवित रह सकता है जब कि उसका प्रत्येक भाग जीवित रहता है।

किसी भी जीवधारी के लिए जीवन का अर्थ केवल गुणित होकर अपनी जाति की संख्या को असीमित रूप में आगे बढ़ाना नहीं है। सभी जीवधारी अर्थात् स्पीसीज एक निश्चित मात्रा में जीवित रहनी चाहिए जिससे कि जैविक समुदाय के सभी प्राणी या स्पीसीज जीवित रह सकें। उदाहरण के लिए यदि जैविक समुदाय में बहुत अधिक सिंह हो जावें तो वे सभी हिरनों को मार डालेंगे। दूसरी ओर यदि हिरनों की संख्या बहुत अधिक होगी तो वह सभी घास खा जावेंगे और दूसरे जन्तुओं के लिए घास नहीं बचेगी, इसलिए हिरनों की जनसंख्या को सीमित रखने के लिए कुछ सिंह आवश्यक हैं। इस उदाहरण से यह स्पष्ट हो जाता है कि प्राणी एक दूसरे से किस प्रकार संबंधित हैं या किस प्रकार एक दूसरे से क्रिया करते हैं। ये (a) जीवित रहने के लिए एक दूसरे पर निर्भर हैं, तथा (b) एक दूसरे की संख्या को नियंत्रित करते हैं। इस पूरी क्रिया का निष्कर्ष प्रकृति का संपूर्ण संतुलन है। यह संतुलन पारिस्थितिक संतुलन कहलाता है

क्योंकि पारिस्थितिकी के अंतर्गत हम जीवधारियों के संबंध में अध्ययन करते हैं। इसलिए जब हम यह कहते हैं कि जैविक समुदाय स्वस्थ है तो इसका अर्थ पारिस्थितिक संतुलन से होता है अर्थात् इसमें सभी स्पीसीज़ स्वस्थ रूप में जीवित हैं।

अगली बात जो ध्यान देने योग्य है, उसके अनुसार प्रत्येक जीवित प्राणी के उसके चारों ओर वायु तथा पानी की आवश्यकता होती है—उदाहरण के लिए हिरन को खाने के लिए घास नहीं मिलेगी यदि उसके चारों ओर उर्वर मिट्टी तथा घास को उगाने के लिए पानी नहीं होगा। स्थल, वायु तथा पानी सम्मिलित रूप से भौतिक या अजीवित वातावरण कहे जाते हैं। अंत में हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि जीवितों को पृथ्वी पर जीवित रहने के लिए यह आवश्यक है कि जैविक समुदायों में आपस में स्वस्थ प्रतिक्रियाएँ होती रहें तथा जीवधारी अपने चारों ओर के अजीवित (भौतिक) वातावरण से भी स्वस्थ प्रतिक्रियाएँ करते रहें।

तीसरा ध्यान देने योग्य आवश्यक कारक यह है कि मनुष्य स्वयं इस जैविक समुदाय का भाग है। और यदि जैविक समुदाय पारिस्थितिक संतुलन की अवस्था में नहीं होगा तो स्वयं मनुष्य को उसी प्रकार कठिनाई का सामना करना होगा जैसा कि समुदाय के अन्य जन्तुओं को करना पड़ता है। उदाहरण के लिए यदि पारिस्थितिक असंतुलन होने पर पक्षियों की संख्या काफ़ी कम हो जाए तो कीटों की संख्या बढ़ जाती है क्योंकि पक्षी कीटों को खाकर उनकी संख्या को कम करते हैं और जब कीट इस प्रकार बढ़ जाते हैं तो वह मनुष्य की फ़सलों को नष्ट करते हैं जिससे मनुष्यों की जनसंख्या को भूखा मरना पड़ सकता है।

यह भी अत्यधिक स्पष्ट है कि मनुष्य स्वयं स्वस्थ अजीवित वातावरण पर निर्भर करता है क्योंकि *जैविक समुदाय को मनुष्य की तथा मनुष्य को जैविक समुदाय की आवश्यकता होती है।* दूसरे, मनुष्य को स्वयं स्थल, वायु तथा पानी की जीवित रहने के लिए उतनी ही आवश्यकता पड़ती है जितनी कि किसी अन्य जीव को होती है। तथापि मनुष्य तथा विश्व की अन्य स्पीसीज़ में एक बहुत बड़ा अंतर है। क्योंकि केवल मनुष्य ही ऐसा जन्तु है जो कि जैविक समुदाय तथा अजीवित वातावरण को परिवर्तित कर सकता है और यह परिवर्तन बड़े तीव्र होते हैं। उदाहरण के लिए मनुष्य किसी स्पीसीज़ विशेष के जन्तुओं को शिकार द्वारा नष्ट कर सकता है। वह जंगलों के क्षेत्र को नष्ट कर सकता है और वह क्षेत्र रेगिस्तान में परिवर्तित हो सकता है। वह औद्योगिक रसायनों द्वारा वायु तथा पानी को प्रदूषित करता है। अंत में, चूंकि मनुष्य की जनसंख्या पर नियंत्रण करने वाला कोई जन्तु नहीं है इसलिए उसकी जनसंख्या इतनी अधिक बढ़ गई है कि उसके कारण अन्य जीवधारी भयभीत हैं। इतनी बड़ी मात्रा में परिवर्तन तथा तोड़-फोड़ का अर्थ

पारिस्थितिकी संतुलन को अस्त व्यस्त करना है और हम लोगों के लिए पारिस्थितिक असंतुलन स्थापित किया है, न कि पारिस्थितिक संतुलन।

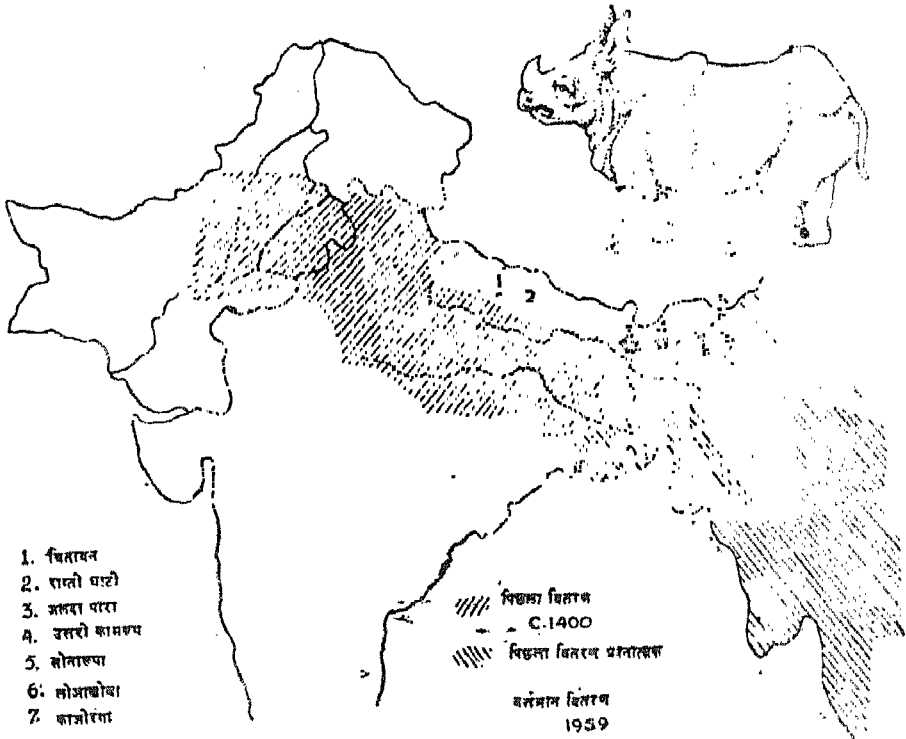
जब से मनुष्य इस पृथ्वी पर विकसित हुआ है वह जन्तुओं का शिकार कर रहा है, लकड़ी काट रहा है, भोजन एकत्रित कर रहा है। परन्तु यह कभी भी इतनी अधिक मात्रा में नहीं था कि इसके कारण से पारिस्थितिक असंतुलन पैदा हो जाए। बीसवीं शताब्दी में मनुष्य की विभिन्न क्रियाओं ने जैविक तथा अजैविक वातावरण को तेज़ी से नष्ट करना या परिवर्तित करना प्रारम्भ किया। इसके प्रमुख कारण— (a) प्रथम मनुष्य की जनसंख्या वृद्धि, जैसा कि हम जानते हैं कि जैविक समुदाय में किसी भा स्पीसीज़ की जनसंख्या की अधिक वृद्धि (मनुष्य सहित) असंतुलन स्थापित करता है। दूसरे जब पृथ्वी पर अधिक मनुष्य होंगे तो उन्हें अपने लिए स्थान बनाने के लिए अधिक प्राकृतिक वस्तुओं को नष्ट करना होगा। (b) मनुष्य ने बीसवीं शताब्दी में यांत्रिक तथा औद्योगिक प्रगति की है जिसके कारण उसके लिए यह सम्भव हुआ कि प्रकृति का उपयोग कर सके, उसके पास बड़ी-बड़ी मशीनें हैं जिससे वह बड़े-बड़े पेड़ काट सकता है तथा उसके पास ऐसी मशीनें भी हैं जिससे वह खुदाई कर सकता है। उसने इन सबका उपयोग करके कारखाने खड़े किए हैं। शहर बसाए हैं। बड़े-बड़े बांधों को बांधकर जल-विद्युत उत्पन्न की है और इसी प्रकार के बहुत से अन्य कार्य किए हैं।

इन सब परिवर्तनों से भयंकर पारिस्थितिक असंतुलन हुए हैं। इन परिवर्तनों को पारिस्थितिक संकट कहते हैं। जैसा कि हम देखते हैं इन पारस्थितिक संकटों के कारणों से स्वयं मनुष्य को जीवित रहने का खतरा पैदा हो गया है। यदि मनुष्य जाति जीवित रहना चाहती है तो हमें पारिस्थितिक संतुलन को पुनः स्थापित करना होगा। यह पुनर्स्थापना का कार्य प्राकृतिक जीवधारियों की रक्षा करके, जंगलों को पुनः स्थापित करके, प्रदूषण को समाप्त करके तथा मनुष्य को स्वयं की जनसंख्या को नियंत्रित करके करना होगा।

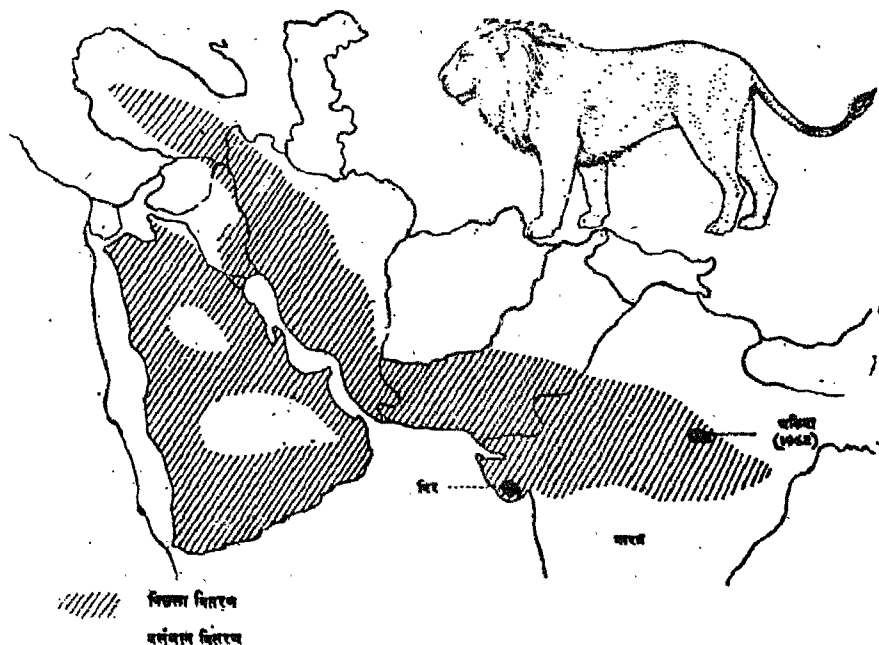
18.3-1 जैविक समुदाय में संकट

आइये अब यह विस्तृत रूप में देखें कि मनुष्य ने किस प्रकार से जैविक समुदाय में संकट पैदा किया है।

मनुष्य ने विश्व के लगभग 50 प्रतिशत जंगलों को अब तक नष्ट कर दिया है। उसने जंगलों की भूमि को साफ करके उसे खेती योग्य बनाया है, उसमें शहर तथा कारखाने खड़े किए गए हैं और पेड़ों का उपयोग इमारती लकड़ी के रूप में किया गया है। यद्यपि यह सम्पूर्ण

विश्व में हुआ है परन्तु यह विशेष रूप से अपने देश के लिए सही है। भारत में कई प्रकार के जंगल हैं। हिमालय के 'चीड़' के जंगल, मैदानों के पर्णपाती वन या पत्तियाँ गिरने वाले पेड़ों के जंगल, पश्चिमी घाट के बरसाती सदाबहार वन प्रमुख हैं। भारत सरकार ने यह निश्चय किया है कि भारत की लगभग 30 प्रतिशत भूमि में जंगल होने चाहिए। भारत में जंगलों की कटाई इतनी तेज़ी से हुई थी कि इस समय केवल 18 प्रतिशत या इससे भी कम भूमि पर ही जंगल हैं और यह संख्या तेज़ी से घट रही है। यदि तुम अपने चारों ओर किसी लम्बी यात्रा पर जाओ तो तुम देखोगे कि सड़क के किनारे के अधिकतर वृक्ष काटकर जला दिए गए हैं। जैसा कि हम जानते हैं कि वृक्ष तथा जन्तु एक दूसरे पर निर्भर हैं, इससे यह स्पष्ट है कि जंगलों को नष्ट

चित्र 18.7 भारतीय गैंडे का पुराना तथा वर्तमान वितरण

करने से जैविक समुदाय पर भी असर हुआ है। पक्षियों तथा जन्तुओं की बहुत सी स्पीसीज केवल जंगलों में ही जीवित रहती हैं। जंगल उनका आवास स्थान है या उनको रहने के लिए प्राकृतिक आवास स्थलों की आवश्यकता होती है। शेर तथा चीते जैसे जन्तु बहुत कम हो गए हैं, क्योंकि जिन जंगलों में वे रहते हैं, वे धीरे-धीरे कम होते जा रहे हैं। इस शताब्दी के प्रारम्भ में भारत में लगभग 50,000 शेर थे परन्तु अब केवल 2,000 से भी कम रह गए हैं।

मनुष्य ने जन्तुओं तथा पक्षियों को सीधे शिकार के द्वारा भी नष्ट किया है। शिकार एक खेल है परन्तु कुछ शिकार पैसे के लालच से भी किए जाते हैं। उदाहरण के लिए तेंदुआ (पेन्थर) तथा सिंह के शिकार उनकी खाल के लिए किए जाते हैं क्योंकि वह बहुत मँहगी बिकती है और उनसे जूते, कोट, आदि वस्तुएँ बनती हैं। अधिकतर भारतीय गेंडा (चित्र 18.7) का

चित्र 18.8 भारतीय सिह् का पुराना तथा वर्तमान वितरण

शिकार उसके सींगों के लिए किया गया है क्योंकि सम्भवत: उसका उपयोग दवाओं के बनाने में किया जाता है। दूसरे अन्य जन्तु जिनकी विलुप्तता का खतरा बढ़ रहा है, भारतीय सिंह (चित्र 18.8), भारतीय जंगली गधा, 'काश्मीर स्टेग' तथा 'कस्तूरी मृग' हैं। पक्षियों में भारतीय-बुस्टार्ड, सफ़ेद पंखों वाली 'वुड डक' के विलुप्त होने का अधिक खतरा है। इनके अतिरिक्त गुलाबी सिर वाली बतख तथा 'जरडन्स कोरसर' पूरी तरह से विलुप्त हो चुके हैं।

स्तनधारी जन्तुओं में भारतीय चीता पूरी तरह विलुप्त हो चुका है। यह जन्तु भारत में पूरी तरह शिकार के द्वारा समाप्त कर दिया गया है। यहाँ पर इसका विस्तृत विवरण दिया जा रहा है कि इसने किस प्रकार पारिस्थितिक असंतुलन किया है। जब भारत में चीता प्रचुरता से था तो इसका प्रमुख भोजन 'ब्लेक बक' एन्टीलोप था। इसका अर्थ यह है कि वह ब्लेक बक की जनसंख्या को नियंत्रित करता था जो कि कभी भी बहुत अधिक नहीं बढ़ सकी। परन्तु जब चीतों को शिकार के द्वारा नष्ट कर दिया गया तो 'ब्लेक बक' की जनसंख्या बहुत तेजी से बढ़ गई। उनको खाने के लिए बहुत अधिक घास की आवश्यकता पड़ी जिसके कारण उन्होंने जंगलों की अधिक घास उपयोग कर ली और अन्य जंगली जन्तुओं के लिए घास की कमी पड़ने लगी और यहीं नहीं, पालतू जन्तुओं के लिए भी घास की कमी पड़ने लगी। तुम जानते हो कि पालतू जानवरों का उपयोग मनुष्य दूध तथा अन्य कार्यों के लिए करता है, इससे तुम समझ सकते हो कि अन्त में हानि मनुष्य की ही होती है।

अन्य जन्तु जिसे हम जब भी अवसर मिलता है नष्ट करते हैं, सर्प हैं। हम सबको सर्पों से अत्यधिक भय है और हम जब सर्प देखते हैं तो हमारी पहली प्रवृत्ति उसको मारने की होती है। यह अत्यधिक असंगत है क्योंकि भारत में केवल सर्पों की 4 स्पेसीज ही खतरनाक हैं। किसी भी क़ीमत पर सर्प मनुष्य के लिये लाभदायक हैं क्योंकि वे चूहों को नष्ट करते हैं। यदि चूहों की संख्या अधिक होगी तो वह अनाज को नष्ट करेंगे। इस समय हमारा लगभग 25 प्रतिशत अनाज प्रति वर्ष चूहों के द्वारा उस समय नष्ट किया जाता है जब वह भंडार गृहों में रखा जाता है। तुम सोच सकते हो कि ये उस देश के लिए कितनी खराब स्थिति है जिसमें भोजन की पहले से ही कमी हो। इस प्रकार से सर्पों की अधिक संख्या हमारे अनाज को बचाने में सहायक होगी।

जलीय समुदाय में, उदाहरण के लिए जलीय पौधों के साथ मछलियों, मगर, आदि जन्तु जो कि पानी में रहते हैं, उनके जीवन में भी विघ्न डाला है। मनुष्य ने नदियों, झीलों तथा अन्य स्वच्छ जल के स्रोतों में प्रदूषण किया है। दलदल तथा अनूप क्षेत्र जो कि बहुत से

प्राणियों तथा पादपों के आवास का कार्य करते थे, उनको भर कर भूमि में परिवर्तित कर दिया है। मगर तथा घड़ियालों का शिकार उनकी खाल के लिये किया गया जिससे 'पर्स' तथा 'जूते' बनते हैं। इस समय भारत की क्रोकोडाइल की तीनों स्पेसीज के विलुप्त होने का खतरा है। मगर तथा घड़ियालों के उदाहरण से भी हम समझ सकते हैं कि इनका नष्ट होना किस प्रकार जैविक असंतुलन पैदा करता है। इस असंतुलन के लिए भी मनुष्य जिम्मेदार है। मगर तथा घड़ियाल बड़ी स्पेसीज़ की मछलियों को खाते हैं। ये बड़ी मछलियाँ छोटी मछलियों को खाती हैं। छोटी मछलियों का उपयोग मनुष्य अपने भोजन के रूप में करता है। जब ऊपर बताये हुए जन्तु कम हुए तो बड़ी मछलियों की संख्या बढ़ गई और वे अधिक छोटी मछलियों को खाने लगीं जिसके कारण छोटी मछलियों की संख्या कम होने लगी। यहाँ तुम पुनः इस निष्कर्ष पर पहुँचे कि अंतिम हानि मनुष्य की ही होती है क्योंकि उसे खाने के लिए कम मछलियाँ प्राप्त होती हैं।

दूसरी ओर हम देखते हैं कि मनुष्य ने अपनी जनसंख्या को बिना किसी नियंत्रण के बढ़ने दिया है। जिस गति से हमारी जनसंख्या अब तक बढ़ी है यदि इसी दर से बढ़ती गई तो सन् 2000 तक विश्व की जनसंख्या 70 अरब हो जाएगी। इस बढ़ोतरी की गति प्रति सेकंड 2 व्यक्ति होगी : इसका अर्थ प्रतिदिन 140,000 व्यक्ति अर्थात् एक 'मथुरा' जितनी जनसंख्या का शहर प्रतिदिन निर्मित होगा या 65 लाख व्यक्ति अर्थात् एक 'बम्बई' जितनी जनसंख्या वाला शहर प्रति माह निर्मित होगा या, 700 लाख व्यक्ति अर्थात् 'फ्रांस' जितनी जनसंख्या वाला देश प्रति वर्ष बढ़ जायेगा। उस समय अकेले भारत की जनसंख्या 100 करोड़ से भी अधिक होगी।

मनुष्य की जनसंख्या के बढ़ने से स्थान की कमी तथा भोजन की कमी हो गई है और इस कमी ने मनुष्य को जंगल तथा पहाड़ों पर अतिक्रमण करने के लिए मजबूर किया है जिससे कि उसको रहने तथा खेती करने के लिए अधिक स्थान मिल सके। इसी के साथ-साथ जानवरों को चरने के लिए अधिक स्थान मिल जाता है। चूँकि मनुष्य को अधिक भोजन और अधिक जलाने की लकड़ी की आवश्यकता होती है इसलिए वह अधिक जन्तुओं को मारता है और अधिक वृक्षों को काटता है। इस प्रकार हम देखते हैं कि मनुष्य की ये विशिष्ट क्रियाएँ उसके स्वयं के नष्ट होने का खतरा पैदा करती हैं। इस प्रकार यह चक्र कुछ इस प्रकार से चलता है कि जितना अधिक मनुष्य प्रकृति का उपयोग करता है, उससे उसे कुछ समय तक तो लाभ होता है परंतु यह उपयोग लम्बे समय बाद उसको हानिप्रद रहता है।

18.3-2 अजीवित वातावरण में होने वाला संकट

आइए अब विस्तृत रूप से देखें कि मनुष्य ने भौतिक या अजीवित वातावरण का उपयोग किस प्रकार किया है । इनमें भूमि, पानी तथा वायु आते हैं ।

भूमि : तुम पुनः इस बात को ध्यान में रखो कि जैविक समुदाय तथा अजीवित वातावरण एक दूसरे से अत्यधिक संबंधित हैं। इसका सबसे अच्छा तथा साधारण उदाहरण पेड़ हैं और हम देखते हैं कि पेड़, भूमि अर्थात् मिट्टी से किस प्रकार संबंधित रहते हैं । मनुष्य ने पृथ्वी के साथ क्या किया है, यह उसके द्वारा जंगलों तथा पेड़ों के नष्ट किए जाने से संबंधित है । यह स्पष्ट है कि भूमि उसी स्थिति में अच्छी कही जाती है जब वह उर्वर होती है तथा भूमि तभी उर्वर होती है जब यह ढकी रहती है या वृक्षों के द्वारा घिरी रहती है । ऐसा तीन कारणों से होता है :

(a) वृक्ष वायु को रोकने वाले होते हैं । ये तेज वायु की गति को तथा शक्ति को कम करते हैं और ये उसे ऊपर की उर्वर भूमि को उड़ा ले जाने से रोकते हैं । इस प्रकार से वृक्ष हवा से भूमि के कटाव को रोकते हैं ।

(b) वृक्षों की जड़ें मिट्टी को अच्छी तरह से पकड़े रहती हैं । इससे तेज वर्षा या बाढ़ उर्वर मिट्टी को काट कर बहा नहीं पाती है । इस प्रकार वृक्ष पानी से भूमि के कटाव को रोकते हैं ।

(c) जब वृक्ष मर जाते हैं तो उनके विभिन्न भाग सड़कर मिट्टी की ऊपरी पर्त में मिल जाते हैं जिससे उनमें उर्वर पदार्थों की मात्रा बढ़ जाती है ।

इन्हीं सब कारणों से अच्छी भूमि तथा मिट्टी के लिए वृक्षों का होना आवश्यक है । इस प्रकार मनुष्य ने जंगलों के क्षेत्रों को नष्ट करके बहुत से क्षेत्रों की उर्वर भूमि को बंजर भूमि में बदल दिया है जो कि उपजाऊ नहीं होती है और अंत में रेगिस्तान में बदल जाती है । थार का रेगिस्तान इसी प्रकार मनुष्य के द्वारा निर्मित रेगिस्तान है । किसी समय यह इतना अधिक घना जंगल था कि 'बादशाह अकबर' उसमें शिकार खेलने जाया करते थे । इस प्रकार से भूमि को नष्ट करने का कार्य सम्पूर्ण देश में हुआ है और हो रहा है, क्योंकि कृषि योग्य भूमि के लिए जंगल नष्ट किए जा रहे हैं । इसी तरह उद्योगों तथा बढ़ती हुई जनसंख्या के लिए जंगलों को नष्ट करके रहने का स्थान बनाया जा रहा है । यही नहीं, पेड़ों का विनाश जलाने की लकड़ी के लिए भी किया जा रहा है । तुम यह जानते हो कि एक इंच भूमि को प्राकृतिक तरीक़े से

निर्मित होने में 900 वर्ष लगते हैं। इस ज्ञान के बाद तुम यह आसानी से समझ सकते हो कि भूमि की कितनी अधिक हानि इस प्रकार की गई है।

जल या पानी : पानी पुनः उन वस्तुओं में से एक है जिसके बिना पृथ्वी पर कोई भी जीव (मनुष्य सहित) जीवित नहीं रह सकता है। इसलिए हमें अपने पानी तथा उसके स्रोतों का उसी तरह सावधानी से उपयोग करना चाहिए जिस प्रकार हम मिट्टी का करते हैं। यह स्पष्ट है कि हम पानी को किसी भी प्रकार नष्ट नहीं करते हैं। कम से कम पानी उस प्रकार तो नष्ट कर ही नहीं सकते जैसे हम वृक्षों को नष्ट करते हैं। क्योंकि किसी भी रूप में संपूर्ण पानी जो कि पृथ्वी पर पाया जाता है, उसे नष्ट नहीं किया जा सकता। पानी या तो सामान्य जल के रूप में या बादलों के रूप में या बर्फ के रूप में पृथ्वी पर पाया जाता है, परन्तु इस सब के बाद भी हमने अपने लिए पानी की उपलब्धि की मात्रा कम करली है। आइए देखें यह सब कैसे हुआ ?

अब तुमको यह जानकर आश्चर्य नहीं होना चाहिए कि पानी का संकट पुनः जंगलों के संकट से जुड़ा है। जैसा कि हमने देखा है कि सामान्य स्वस्थ वातावरण में वृक्ष तथा उनकी जड़ें मिटटी को अच्छी तरह पकड़े रहती हैं। इसका अर्थ है कि जब वर्षा का पानी गिरता है तो वह मिट्टी के साथ बह कर नहीं जाता है और वह मिट्टी में (पृथ्वी में) अन्दर प्रवेश कर जाता है। इस प्रकार पानी पृथ्वी में (अधिकतर इसका भाग उन गुहाओं में जमा हो जाता है जो कि वृक्षों के मरने से उनकी जड़ों के स्थान पर बनते हैं) बना रहता है। इसका अर्थ यह है कि हमको संपूर्ण वर्ष पानी की उचित मात्रा मिलती रहती है। दूसरी ओर यदि वृक्ष न हों तो निम्न बातें होती हैं :

(a) पानी पृथ्वी के अन्दर प्रवेश नहीं कर सकता और वह धरातल पर ही रहता है जिससे बाढ़ें आने का खतरा रहता है।
(b) पानी से मिट्टी की ऊपरी पर्त कटकर बह जाती है।
(c) पृथ्वी के अन्दर पानी न होने के कारण हम गर्मी के महीनों में पानी की कमी से त्रस्त होते हैं।

दूसरे शब्दों में, जंगल पानी के चक्र को नियंत्रित करता है। जंगलों के बिना हमारे यहाँ केवल एक समय बाढ़ होगी और दूसरे समय सूखा होगा। यदि तुम भारत के नक्शे को देखो तो तुम्हें तुरंत पता चलेगा कि वह सभी क्षेत्र जो कि वर्तमान समय में बाढ़ या सूखे से प्रभावित रहे हैं—बिहार, राजस्थान, गुजरात तथा महाराष्ट्र—वह क्षेत्र हैं जहाँ पर जंगलों को तेजी से नष्ट कर दिया गया है। दूसरे वह सभी झीलें जिनसे शहर तथा गाँव पीने का पानी प्राप्त करते हैं

क्षेत्रों में हैं जहाँ पर बरसात का पानी अपने आप जमा होता है। यह वह झीलें हैं जो कि पहाड़ियों के ढलानों से घिरी हैं। यदि ये पहाड़ियों के ढलान जंगलों से घिरे हुए नहीं होंगे तो उन ढलानों की मिट्टी बहकर झील की तली में जमने लगेगी और धीरे-धीरे मिट्टी के जमने से झील का पानी संग्रह करने की क्षमता समाप्त हो जाएगी। यह हमारे बहुत से पानी जमा करने के क्षेत्रों में हुआ है। नदियों तथा झीलों में पर्याप्त पानी के न होने के कारण हमारी जल-विद्युत उत्पन्न करने की क्षमता भी प्रभावित होती है और पानी प्राप्त करने की क्षमता भी कम होती है। इससे विद्युत की कमी होती है और तुम अच्छी तरह जानते हो कि विद्युत की कमी कितना बड़ा संकट होता है।

पानी की कमी का एक अन्य कारण मनुष्य के द्वारा किया गया प्रदूषण है। प्रदूषण तीन प्रकार का होता है :

(a) इनमें प्रमुख प्रदूषण औद्योगिक अनुपयोगी वस्तुओं का जल में मिलना है। यह सबसे खतरनाक प्रदूषण है। इनमें औद्योगिक अनुपयोगी वस्तुएँ तथा रसायन होते हैं। प्रदूषण के इसी क़िस्म में, जहाजों के द्वारा समुद्र में तेल गिराने की क्रिया भी सम्मिलित है।

(b) बड़े शहरों में गंदी नालियों का पानी तथा मैला भी अधिकतर नदियों में गिरा दिया जाता है। इन नदियों में कीचड़ जमी रहने के कारण पानी में अधिक बहाव नहीं होता है। यह गंदगी पादप प्लावन की वृद्धि करती है। इनकी अधिक वृद्धि से जल में ऑक्सीजन की मात्रा कम हो जाती है क्योंकि जब वे मर जाते हैं तो उनके सड़ने में आक्सीजन का अधिक उपयोग हो जाता है। यह ऑक्सीजन की कमी तथा जहरीले अनुपयोगी पदार्थ मछली की जनसंख्या को प्रभावित करते हैं और इस प्रकार मनुष्य के मुख्य भोजन, मछली की कमी हो जाती है।

(c) नदियाँ, झीलें तथा तालाब मनुष्यों द्वारा नहाने तथा कपड़े धोने आदि के काम में भी उपयोग किए जाते हैं, इससे पानी में विभिन्न बिमारियों के कीटाणु मिल जाते हैं। इनमें टायफाइड ज्वर (मोतीझरा), हैजा, पेचिश तथा हिपेटाइटिस प्रमुख होते हैं।

वायु : शुद्ध वायु की उपयोगिता सर्व विदित है। इसकी अनुपस्थिति में हम कुछ क्षणों से अधिक जीवित नहीं रह सकते हैं। वायु के बारे में दूसरी विशेषता यह है कि हम सब एक ही प्रकार की वायु को ग्रहण करते हैं। एक व्यक्ति जिस वायु को श्वसन के बाद बाहर निकालता

है, लगभग वही वायु दूसरे व्यक्ति के द्वारा श्वसन रूप में ग्रहण कर ली जाती है। कोई भी देश, वायु को अपनी सीमा में बांध नहीं सकता है तथा इसी कारण वायु प्रदूषण एक अत्यन्त गंभीर समस्या हो गई है जो कि जल-प्रदूषण से भी अधिक गंभीर है, क्योंकि प्रदूशित जल केवल उसी क्षेत्र को प्रभावित करता है जहाँ पर जल प्रदूषित है, परंतु दूषित वायु सम्पूर्ण विश्व को हानि पहुँचाती है। पुनः शुद्ध वायु के लिए हमें वृक्षों की आवश्यकता होती है। वृक्ष कार्बन डाइऑक्साइड को ग्रहण करते हैं और ऑक्सीजन छोड़ते हैं जिसका उपयोग हम श्वसन में करते हैं। वायु के प्रदूषण का प्रमुख कारण विभिन्न स्रोतों से आने वाला धुआँ है। पिछली दो शताब्दियों से मनुष्य कोयला तथा अन्य वस्तुओं को जलाकर ऊष्मा तथा ऊर्जा प्राप्त कर रहा है। धुंआ वायु में रसोईघर से, फैक्टरी से, ट्रेन से, मोटरों से तथा हवाई जहाजों आदि से पहुँचाता है और वायु में कालिख मिल जाती है। इसके साथ ही साथ वायु में कार्बन डाइऑक्साइड तथा कार्बन मोनो ऑक्साइड भी मिलती है। कुछ स्थानों पर क्लोरीन, नाइट्रोजन का ऑक्साइड, अमोनिया बेन्जीन की वाष्प तथा सल्फ़र के ऑक्साइड भी वायु में मिलते हैं।

नाभकीय हथियारों (अणु बम, परमाणु बम तथा हाइड्रोजन बम, आदि) का विस्फोट रेडियोएक्टिव (रेडियोधर्मी) धूल को वायु में मिश्रित कर देता है। वायु में इन पदार्थों की उपस्थिति मनुष्य के स्वास्थ्य के लिए हानिप्रद होती है।

अब यह निश्चित हो चुका है कि वायु प्रदूषण काफ़ी लम्बे समय बाद हानिप्रद होता है। उदाहरण के लिए 1860 से 1960 के बीच वायु में कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा 14 प्रतिशत बढ़ी है। इस गैस से श्वसन संबंधी बीमारियों के अतिरिक्त एक अन्य हानि भी होती है क्योंकि यह गैस इन्फ्रारैड किरणों को भी अधिक अवशोषित करती है जिसके कारण पृथ्वी का-तापमान बढ़ जाता है। यदि यह तापमान बढ़ता ही गया तो इससे ध्रुवों की बर्फ़ तथा ग्लेशियर पिघलने लगेंगे जिससे समुद्र के जल का स्तर बढ़ जाएगा जिससे प्रबल (प्रचण्ड) ज्वार की लहरें उठेंगी।

रेडियोधर्मी धूल तथा अन्य रासायनिक धूल वर्षा के साथ पृथ्वी पर आती है, जो कि फिर भोजन श्रृंखला में पहुँच सकती है। उदाहरण के लिए पहले ये घास में पहुँचेगी फिर वही घास हिरन के द्वारा खाई जाती है और फिर हिरन को शेर खाता है और इसी प्रकार आहार श्रृंखला में ये पदार्थ बढ़ते हैं। इस प्रकार यह पदार्थ फिर सभी जीवों के स्वास्थ्य को बहुत बड़ा खतरा पैदा करते हैं।

ध्वनि प्रदूषण : भूमि, वायु तथा पानी के प्रदूषण के साथ-साथ एक नया प्रदूषण भी उभर कर आया है इसको 'ध्वनि-प्रदूषण' कहते हैं। यह प्रमुख रूप से शहरों में गंभीर रूप से है

क्योंकि विभिन्न प्रकार की ध्वनियाँ विभिन्न मशीनों के द्वारा होती हैं, इनमें ट्रांज़िस्टर की ध्वनि से 'जैट' वायुयान की ध्वनि तक सम्मिलित होती हैं। इस ध्वनि में काफ़ी समय तक लगातार रहने से बहरे होने का भय रहता है। यही नहीं, इससे मानसिक तनाव, रक्तचाप बढ़ना तथा हृदय की अन्य बहुत सी बीमारियों के होने का भय रहता है। इस प्रकार के प्रभाव अधिकतर फ़ैक्टरी में काम करने वाले कर्मचारियों में देखे गए हैं।

18.4 प्राकृतिक संतुलन का संरक्षण

जिन वस्तुओं के बारे में हमने पिछले अध्याय में पढ़ा है—भूमि, वायु, पानी, वनस्पतियाँ तथा जन्तु, प्राकृतिक साधन या उपाय कहे जाते हैं। यह पुनः प्राप्त होने वाले साधन हैं। दूसरे शब्दों में ये पदार्थ प्राकृतिक चक्रों में स्वयं फिर से पैदा हो जाते हैं। वृक्ष पुनः पैदा हो जाते हैं और मिट्टी पुनः बन जाती है। प्राणी पुनः प्रजनन द्वारा पैदा हो जाते हैं। यद्यपि तुम्हें याद होगा कि यह पुनर्जनन इतना अधिक तेज नहीं होता है कि पारिस्थितिक संकट को शीघ्र दूर किया जा सके। हम कुछ अन्य प्राकृतिक स्रोतों पर भी निर्भर हैं, जैसे कि खनिज कोयला तथा तेल जिनको पृथ्वी से खोदकर (खानों से) निकालना पड़ता है। ये स्रोत पुनः जीवित होने वाले नहीं होते हैं अर्थात् यदि इनका एक बार उपयोग कर लिया जाए तो वह हमेशा के लिए समाप्त हो जाते हैं।

पिछले अध्याय में हम पढ़ चुके हैं कि मनुष्य ने किस प्रकार पुनर्जीवित होने वाले स्रोतों का बुरी तरह उपयोग करके विप्लव पैदा किया है। यह स्पष्ट है कि यदि मनुष्य इस ग्रह पर लम्बे समय तक जीवित रहना चाहता है तो उसे अब इन स्रोतों का संरक्षण करना होगा और अभी तक जो निरंकुश उपयोग किया गया है, उसे रोकना होगा। यद्यपि इस संरक्षण का अर्थ इन स्रोतों का पूरी तरह से उपयोग न करना नहीं है। हम उदाहरण के लिए पूरी तरह वृक्षों के काटने को या भूमि के उपयोग को नहीं रोक सकते परन्तु जो काम हम कर सकते हैं, वह है इन स्रोतों का सही, सीमित तथा बुद्धिमत्तापूर्ण उपयोग, जिससे कि इनका दुरुपयोग रोका जा सके। यही नहीं, हमें जहाँ भी सम्भव हो, उनको पुनर्स्थापित करने का कार्य भी करना चाहिए। उदाहरण के लिए हम वृक्षों तथा जंगलों को पुनः स्थापित कर सकते हैं। आइए, अब विस्तृत रूप में यह अध्ययन करें कि विभिन्न स्रोतों को किस प्रकार संरक्षित कर सकते हैं।

18.4-1 भूमि का संरक्षण

भूमि को संरक्षित करने की दो आधारभूत विधियाँ हैं :

(a) भूमि के कटाव को रोकना, तथा

(b) भूमि की उर्वरता को सुरक्षित रखना।

भूमि के कटाव को रोकना : भूमि के कटाव को रोकने के लिए यह आवश्यक है कि कम से कम पेड़ काटे जाएँ और वृक्षों को अधिक से अधिक लगाया जाए। खेतों में सिचाई की सही व्यवस्था होनी आवश्यक है। पानी का निकास सही होना चाहिए जिससे मिट्टी की ऊपर की परत पानी के साथ बहकर न जाए। ढालू जमीन पर भी पानी के बहाव की सही व्यवस्था होनी चाहिए। फ़सलों को ऊपर से नीचे तक लगाने के स्थान पर खेत को सीढ़ीदार (टेरेस्ड) बनाया जाना चाहिए। विशेष रूप से जो खेत पहाड़ी इलाक़ों पर हों उनमें यह विधि अत्यन्त आवश्यक है जिससे कि उर्वर भूमि की ऊपरी पर्त पानी के साथ न बह जाए। इसके अतिरिक्त खेत एक दूसरे से अधिक दूर भी नहीं होने चाहिए। यह क्रिया वायु के द्वारा होने वाले मिट्टी के कटाव को रोकती है।

भूमि की उर्वरता का संरक्षण : जंगलों को काटने के अतिरिक्त अन्य विधियाँ भी हैं जिनसे खेतों में कटाव होता है। हमारे ग़लत तरीक़े से खेती करने के कारण भी खेतों में कटाव होता है। उदाहरण के लिए किसान अधिकतर मिट्टी की ऊपरी परत से खरपतवार हटाने के लिए या बीजों के पौधे तैयार करने के लिए उसकी गुड़ाई करते हैं और खेतों को काफ़ी समय तक खाली छोड़ देते हैं जिससे ऊपर की परत की उर्वर मिट्टी वायु से आसानी से कटती है।

कभी-कभी मिट्टी में कटाव तो नहीं होता है परन्तु ग़लत ढंग से खेती होने के कारण मिट्टी की उर्वरता धीरे-धीरे कम होती जाती है। इसका सबसे बड़ा कारण एक ही प्रकार की खेती करना है। उदाहरण के लिए लगातार धान या गेहूँ का एक ही खेत में बोना, क्योंकि प्रत्येक फसल अपनी आवश्यकतानुसार मिट्टी से आवश्यक तत्त्व लेती है तथा ये तत्त्व प्रत्येक फ़सल के अलग-अलग होते हैं। यदि एक ही फ़सल लगातार उगाई जाएगी तो वही तत्त्व बार-बार उपयोग में लिए जायेंगे जिससे कुछ वर्षों में ही वह तत्त्व मिट्टी में कम हो जायेंगे और मिट्टी की उर्वरता कम हो जाएगी। प्रमुख फ़सलें अधिकतर सभी आवश्यक तत्त्वों को भूमि से अवशोषित करती हैं परन्तु कुछ लेग्यूमिनेसी के पौधे जैसे कि दालें, मटर तथा सेम ऐसी फ़सलें हैं जो कि भूमि में नाइट्रोजन तत्त्वों की मात्रा को बढ़ा देते हैं। इसलिए मुख्य फ़सलों के साथ इन फ़सलों को भी बोना चाहिए। इस प्रकार से चक्रीय खेती करने पर खेतों के आवश्यक तत्त्व

नष्ट नहीं होते हैं और उसकी उर्वरता बनी रहती है। हमें यह बात नहीं भूलनी चाहिए कि मिट्टी बहुत से अजीवीय, रासायनिक तथा जैवीय पदार्थों का जटिल मिश्रण होती है। इसलिए मिट्टी की उर्वरता बनाए रखने के लिए उन सब पदार्थों का ध्यान रखना आवश्यक है।

मिट्टी को उर्वर बनाए रखने के लिए दूसरा अन्य तरीक़ा जो कि उपयोग में लाया जाता है, वह उर्वरकों का उपयोग करना है। इस कार्य में किसान अपने क्षेत्र के तथा प्रदेश के कृषि विभाग की सहायता ले सकते हैं।

18.4-2 पानी का संरक्षण

पानी के संरक्षण की भी दो प्रमुख विधियाँ हैं :

(a) पानी के चक्र को बनाए रखना, तथा

(b) प्रदूषण को रोकना।

(a) पानी के चक्र को बनाए रखना : हम पुनः इस निष्कर्ष पर आते हैं कि पानी के चक्र को बनाए रखने के लिए जंगलों को सुरक्षित रखना तथा वृक्षों का लगाना आवश्यक है। यह अत्यन्त आवश्यक है कि पानी को एकत्रित करने वाले क्षेत्रों के चारों ओर घने जंगल हों। हमें दलदल तथा अनूपी क्षेत्रों, झीलों तथा तालाबों की सुरक्षा करनी चाहिए, ऐसे दलदली क्षेत्रों को मिट्टी भर कर भूमि में परिवर्तित नहीं करना चाहिए।

(b) प्रदूषण को रोकना : उद्योगों को यह ध्यान रखना चाहिए कि वे अपनी औद्योगिक अनुपयोगी वस्तुओं को पास की नदी या झील में न डालें, वे उनको साफ़ करने के बाद ही बाहर निकालें। जहाजों तथा तेल के टैंकरों को यह ध्यान रखना चाहिए कि वे गन्दगी को आसपास के पानी के क्षेत्रों में डालकर उसे प्रदूषित न करें। इसके लिए उन्हें विशेष 'सीवेज प्लान्ट' लगाना चाहिए जिससे गन्दगी को सड़ाकर केवल पानी के रूप में ही नदियों या झीलों तक पहुँचाना चाहिए।

18.4-3 जंगलों का संरक्षण

जंगलों का संरक्षण सरल है। इसके लिए सबसे पहला काम जंगलों को कम से कम काटना चाहिए। हमें चिरी हुई लकड़ी की आवश्यकता होती है परन्तु हमें यह ध्यान रखना चाहिए कि टिम्बर के प्राप्त करने में कम से कम लकड़ी खराब होनी चाहिए। अभी जिस

रूप में प्रयोग करते हैं और अब इस बात का खतरा बढ़ता जा रहा है कि जिस गति से हम इसका उपयोग अभी कर रहे हैं यदि उसी गति से हम उसका उपयोग करते रहें तो कुछ ही समय में ये प्राकृतिक स्रोत समाप्त हो जाएँगे। हम लोग अभी ही पेट्रोल का अभाव महसूस कर रहे हैं। इन सभी वस्तुओं का संकट मिलकर 'ऊर्जा संकट' कहलाता है।

इस समय जो साधन उपलब्ध हैं, उनके बारे में यह स्पष्ट है कि हम उनका जितना सावधानीपूर्वक उपयोग कर सकते हैं, उतना करें और हम ऊर्जा के अन्य स्रोतों की ओर अधिक ध्यान दें जो कि समाप्त होने वाले नहीं हैं। इन नए स्रोतों में जलशक्ति, वायुशक्ति और सौर ऊर्जा प्रमुख हैं। जब तक इन स्रोतों के उपयोग के विकास में हम सफल नहीं होते हैं, मनुष्य को वर्तमान ऊर्जा स्रोतों का सावधानीपूर्वक मितव्ययता से उपयोग करना होगा।

18.5 प्रकृति संरक्षण के राष्ट्रीय तथा अन्तर्राष्ट्रीय प्रयत्न

जो बातें तुमने पिछले दोनों अध्यायों में पढ़ी हैं, वह हमें भविष्य के खतरों के प्रति सचेत करती हैं। ऐसा प्रतीत होता है कि इस ग्रह पर मनुष्य के जीवन के लिए गंभीर भय है और कुछ हद तक यह भय सही प्रतीत होता है। यद्यपि अब सम्पूर्ण विश्व में मनुष्य पारिस्थितिक संकटों के प्रति सचेत हो रहा है और उन परिस्थितियों को परिवर्तित करने के लिए प्रयत्नशील है जिनके कारण पारिस्थितिक संकट उत्पन्न हुए हैं। यह चेतना पिछले 40 वर्षों में विभिन्न वैज्ञानिकों तथा जीव वैज्ञानिकों में तेजी से आई है। पारिस्थितिक संकटों का अध्ययन करने तथा उन पर सही सुझाव देने के लिए बहुत से देशों ने अन्तर्राष्ट्रीय संगठनों का निर्माण प्रकृति तथा प्राकृतिक साधनों (आई० यू० सी० एन०) के संरक्षण के लिए सन् 1948 में किया था। इस संगठन का कार्यालय स्विट्जरलैण्ड में है। आई० यू० सी० एन० की 10वीं सामान्य गोष्ठी नवम्बर 1969 में नई दिल्ली में हुई थी।

केवल पारिस्थितिक समस्याओं का अध्ययन करना तथा उनके लिए क्या करना चाहिए यह ज्ञान होना ही काफी नहीं है। हमें उन समस्याओं को सुलझाने के लिए उठाए जाने वाले कदमों के लिए पैसा चाहिए। इसलिए 1962 में आई० यू० सी० एन० का एक सहायक संगठन 'विश्व जंगली जीव कोष' स्थापित किया गया था। इस संगठन का 'चिह्न' काला तथा सफ़ेद बड़ा 'पन्डा' है। डब्ल्यू० डब्ल्यू० एफ० का प्रमुख कार्य संरक्षण के लिए पैसा एकत्रित करना है तथा जन्तुओं के संरक्षण का प्रचार करना तथा उसके लाभों से आम जनता को परिचित कराना है। डब्ल्यू० डब्ल्यू० एफ० की भारत सहित 24 देशों में शाखाएँ हैं। इसको विभिन्न देशों में 1600

संरक्षण योजनाओं पर लगभग 200 लाख डालर खर्च करते हैं । इन योजनाओं में विभिन्न विरल स्पीसीज का प्रजनन पालन-पोषण सम्मिलित है। कुछ समय के पालन-पोषण के बाद इन को जंगलों में छोड़ दिया जाता है। इन योजनाओं में जंगलों तथा कुछ अन्य सुन्दर स्थलों की रक्षा की जाती है। इसमें राष्ट्रीय उद्यानों को बनाया जाता है। यह संगठन संबंधित देशों के शासन पर जन्तुओं के संरक्षण के लिए आवश्यक नियम बनाने के लिए दबाव डालता है।

डब्ल्यू० डब्ल्यू० एफ० की भारतीय शाखा या राष्ट्रीय अपील सन् 1969 से कार्य कर रही है। इसने भारत में बहुत सी आवश्यक योजनाओं को सहायता दी है। इन योजनाओं में 'भारतीय बुस्टर्ड' तथा 'नीलगिरी टाह्र' के संरक्षण की योजनाएँ भी हैं। इस संगठन ने मद्रास में 'सर्प उद्यान' के बनाने में भी सहायता दी है। इन योजनाओं के बारे में तुमने अवश्य सुना होगा। इन सब योजनाओं में सबसे अच्छी तथा उपयोगी योजना 'भारतीय शेर' के संरक्षण की योजना है। इस योजना को भारत सरकार के साथ हाथ में लिया गया है। यह 75 लाख रुपये की योजना है। इस योजना में पूरे देश में जंगलों का संरक्षण किया जाएगा जिससे शेर भारत में प्राकृतिक अवस्थाओं में जीवित रह सकें।

हमारी सरकार अब भारत में जीव जन्तुओं के संरक्षण के महत्त्व को अच्छी तरह समझ रही है और ऐसी बहुत सी योजनाओं को हाथ में ले रही है जिससे पुरानी भूलों को सुधारा जा सके। उदाहरण के लिए भारत सरकार ने जंगली जीव जन्तुओं के संरक्षण को देखने के लिए 1952 में 'भारतीय मंडल' की स्थापना की थी। सम्पूर्ण देश में प्रतिवर्ष 1 से 8 अक्टूबर तक "जंगली जीव जन्तु सप्ताह" (वाइल्ड लाइफ वीक) मनाया जाता है। हमारे संविधान में शिकार पर प्रतिबंध लगा दिए गए हैं। अनधिकृत रूप से वृक्षों के काटने पर भी रोक है और इसमें कोई शक नहीं है कि शीघ्र ही प्रदूषण से संबंधित नियम भी बन रहे हैं। यदि जो नियम हमारे यहाँ बनाए गए हैं, उनका पालन सही ढंग से होता रहे तो शीघ्र ही हमारे देश में जंगली जन्तुओं की स्थिति में काफी सुधार हो जाएगा। 1972 का 'जंगली जीव सुरक्षा अधिनियम' इस दिशा में एक आवश्यक क़दम है। बहुत सी विलुप्त होती जा रही स्पीसीज को मारने पर प्रतिबंध लगा दिया गया है; उदाहरण के लिए सिंह, शेर, भारतीय गेंडे, हिरन, भारतीय हाथी। शेर तथा तेंदुए की खाल तथा गेंडे के सींग के व्यापार तथा निर्यात पर प्रतिबंध है। इसी प्रकार सर्पों तथा मगरों की खाल का व्यापार एवं निर्यात भी प्रतिबंधित है। अब हमें उन व्यक्तियों के प्रति सावधान रहना है जो कि इन व्यापारों तथा कार्यों को अवैधानिक तरीक़ों से करते हैं।

जंगलों तथा वृक्षों का पुनर्रोपण गंभीरता से देश के विभिन्न भागों में किया जा रहा है, इसमें बंबई शहर भी सम्मिलित है।

हमारे देश में कई सुन्दर राष्ट्रीय उद्यान तथा जंगली जीव शरणस्थल हैं। उत्तर प्रदेश का कोर्बेट राष्ट्रीय उद्यान एवं मध्य प्रदेश का कान्हा राष्ट्रीय उद्यान शेरों के शरणस्थल तथा आसाम राज्य का काजीरंगा उद्यान भारतीय हिरनों के विकास के लिए स्वर्गतुल्य है। राजस्थान राज्य का 'भरतपुर जल पक्षी शरणस्थल' विश्व के सर्वश्रेष्ठ एवं सुन्दर पक्षी शरणस्थलों में से एक है। दक्षिण भारत में मदुमलाई बांदीपुर का उद्यान हाथियों की बहुत बड़ी संख्या के लिए प्रसिद्ध है।

यद्यपि ऊपर बताए हुए संरक्षण के उपाय जंगली जीव जन्तुओं की भारत में संख्या बढ़ाने में काफ़ी सहायक हैं, परंतु ये सभी उपाय उस समय तक प्रभावी नहीं हो पाएँगे जब तक कि हम इस देश तथा विश्व के एक योग्य नागरिक के रूप में इन समस्याओं को सुलझाने में हर संभव सहायता नहीं करेंगे।

अभ्यास

1. निम्नलिखित वाक्यों को उचित शब्दों द्वारा पूरा करो :
   (i) एक पारितंत्र के चार मुख्य कारक होते हैं, उत्पादक, उपभोक्ता, अपघटक तथा ……………वस्तुएँ।
   (ii) ……………निम्नस्तरीय नम भूमि है।
   (iii) बंदर, लेमूर तथा कपि……………वन के वृक्षवासी हैं।
   (iv) टुंड्रा के बाद स्थायी बर्फ़ीले मिट्टी रहित……………क्षेत्र होते हैं जहाँ वनस्पति नहीं उगती।
   (v) एक संतुलित जलशाला एक……………पारितंत्र है।
2. निम्नलिखित की परिभाषा लिखो :
   (a) पारितंत्र
   (b) जीवोम
   (c) जंतुप्लवक
   (d) अल्पाइन
   (e) टुंड्रा।

3. नाम लिखो :
   (a) किन्हीं दो जलीय जीवोमों के, तथा
   (b) किन्हीं तीन स्थलीय जीवोमों के ।
4. निम्न में समानताएँ तथा असमानताएँ बताओ :
   (a) पारितंत्र के जैव तथा अजैव अवयव
   (b) अल्पाइन तथा टुंड्रा
   (c) तालाब तथा झील
   (d) मरुस्थल तथा टुंड्रा
   (e) भारतीय तालाबों की सतह तथा तली की वनस्पति ।
5. उत्पादक तथा उपभोक्ता स्तर पर ऊर्जा के बहाव का वर्णन करो ।
6. जीवमंडल में ऊर्जा के मुख्य गुणों का वर्णन करो ।
7. जीवमंडल के ऊर्जा पथ तथा चक्रों के सारांश लिखो ।
8. नाइट्रोजन चक्र का विस्तृत विवरण दो ।
9. पारिस्थितिक संतुलन क्या है ?
10. मनुष्य जैविक समुदाय पर निर्भर है, इसे किसी उदाहरण के द्वारा समझाओ ।
11. उन कार्यों को बताइए जिससे ये पता चले कि जैविक समुदाय को मनुष्य ने असंतुलित किया है ।
12. पानी के प्रदूषण की विभिन्न विधियाँ बताओ ?
13. हम वायु को किस प्रकार प्रदूषित करते हैं ?
14. पुनः प्राप्त होने वाले तथा पुनः प्राप्त न होने वाले प्राकृतिक साधनों में क्या अंतर है ?
15. पानी के संरक्षण की दो प्रमुख पद्धतियाँ कौन-कौन सी हैं ?
16. स्थान परिवर्तित कृषि पद्धति (शिफ्टिंग कल्टीवेशन) क्या है ?
17. वह कौन से कारण हैं जिससे जन्तुओं का शिकार किया जाता है ?
18. पुनः प्राप्त न होने वाले स्रोतों का संरक्षण हम किस प्रकार कर सकते हैं ?
19. आई० यू० सी० एन० के क्या कार्य हैं ?
20. विश्व जंगली जीव जन्तु कोष पर टिप्पणी लिखिए ।
21. भारत की विलुप्त होती जा रही कुछ स्पीसीज़ के नाम लिखो ।

22. ऐसे जंगली जीवों से उत्पन्न होने वाली वस्तुओं के नाम लिखो जिनके लिए भारत में इन जन्तुओं का शिकार किया जाता था।
23. भारत के प्रमुख राष्ट्रीय उद्यानों तथा जंगली जीव शरणस्थलों के नाम बताइए।

परिशिष्ट 1

SI मात्रक

मापन की एक बड़ी संख्या विभिन्न भौतिक मात्राओं जैसे, लंबाई, आयतन, द्रव्यमान तथा ऊर्जा आदि से संबंधित है। प्रत्येक मापन में एक संख्या (माप) व एक मात्रक होता है। इस प्रकार जब हम कहते हैं कि एक छड़ की लंबाई 1.2 मीटर है तब इसके अर्थ होते हैं कि यह लम्बाई एक मीटर की लम्बाई की 1.2 गुना है, जो कि लंबाई का मात्रक है।

वैज्ञानिकों ने विभिन्न भौतिक मात्राओं के मात्रकों को लिखने के लिए कई पद्धतियों का विकास व प्रयोग किया है। इनमें से तीन विज्ञान व तकनीकी में काफ़ी प्रयुक्त हैं। यह लंबाई, द्रव्यमान व समय के स्वतंत्र मात्रकों पर आधारित हैं।

(1) **CGS पद्धति :** इसमें मूल मात्रक है सेंटीमीटर, ग्राम व सेकेण्ड।

(2) **MKS पद्धति :** इसमें तद्नुरूपी मूल मात्रक मीटर, किलोग्राम व सेकेण्ड होते हैं।

(3) **FPS पद्धति :** इसमें फुट, पाउन्ड व सेकेण्ड का मूल मात्रकों के रूप में प्रयोग किया जाता है।

सन् 1960 में मात्रकों की अंतर्राष्ट्रीय पद्धति (SI) को अपनाया गया। इन मूल मात्रकों में से कुछ मौलिक भौतिक मात्राओं के लिए प्रयुक्त किए गए हैं। अन्य भौतिक मात्राओं के मात्रकों को इन मूल मात्रकों से व्युत्पन्न किया जा सकता है। कुछ सामान्यतः प्रयुक्त मूल व व्युत्पन्न मात्रक निम्नलिखित हैं :

मूल मात्रक

भौतिक मात्रा	**नाम**	**संकेत**
लंबाई	मीटर	मी (m)
द्रव्यमान	किलोग्राम	किग्रा (kg)

भौतिक मात्रा	नाम	संकेत
समय	सेकेण्ड	से (s)
ताप	कैल्विन	K
पदार्थ की मात्रा	मोल	मोल (mol)
विद्युत धारा	एम्पीयर	A
ज्योति तीव्रता	कैन्डेला	cd
व्युत्पन्न मात्रक		
क्षेत्रफल	वर्गमीटर	मी² (m^2)
आयतन	क्यूबिक मीटर	मी³ (m^3)
घनत्व	किलोग्राम प्रति क्यूबिक मीटर	किग्रा मी⁻³ ($kg\ m^{-3}$)
वेग	मीटर प्रति सेकेण्ड	मी से⁻¹ (ms^{-1})
त्वरण	मीटर प्रति सेकेण्ड प्रति सेकेण्ड	मी से⁻² (ms^{-2})
बल	न्यूटन (वह बल जो 1 kg द्रव्यमान में 1 ms^{-2} त्वरण उत्पन्न कर सके)	N किग्रा मी से⁻² ($kg\ ms^{-2}$)
दाब	न्यूटन प्रति वर्ग मीटर (पास्कल)	न्यूटन मी⁻² (Nm^{-2}; Pa)
कार्य, ऊर्जा	जूल	J

अभी भी कुछ अ-SI मात्रक प्रयोग में हैं। वह निम्नांकित हैं :

ताप	सेल्सियस	°C
दाब	वायुमण्डल*	एटमौसफियर (atm)
लंबाई	डेसीमीटर	डेसिमी (dm)
	या	
	सेंटीमीटर	सेमी (cm)
	या	
	मिलीमीटर	मिमी (mm)

* एक वायुमंडलीय दाब $1.01^3 \times 10^5\ Nm^{-2}$ के बराबर होता है।

भौतिक मात्रा	नाम	संकेत
क्षेत्रफल	वर्ग सेंटीमीटर	सेमी^{2} (cm^2)
	या	
	वर्ग डेसिमीटर	डेसिमी^{2} (dm^2)
आयतन	लीटर *	ली (l)
घनत्व	ग्राम प्रति क्यूबिक सेंटीमीटर	ग्रा सेमी$^{-3}$ ($g\ cm^{-3}$)
	या	
	ग्राम प्रति मिलीलीटर	ग्रा मिली$^{-1}$ ($g\ ml^{-1}$)

* एक लीटर लगभग 1 dm^3 के बराबर होता है ।

परिशिष्ट 2

तत्वों की परमाणु मात्राएँ

तत्व	संकेत	परमाणु संख्या	परमाणु मात्रा	तत्व	संकेत	परमाणु संख्या	परमाणु मात्रा
Actinium	Ac	89	(227)	Dysprosium	Dy	66	162.50
Aluminium	Al	13	26.982	Einsteinium	Es	99	(254)
Americium	Am	95	(243)	Erbium	Er	68	167.26
Antimony	Sb	51	121.75	Europium	Eu	63	151.96
Argon	Ar	18	39.948	Fermium	Fm	100	(253)
Arsenic	As	33	74.922	Fluorine	F	9	18.998
Astatine	At	85	(210)	Francium	Fr	87	(223)
Barium	Ba	56	137.34	Gadolinium	Gd	64	157.25
Berkelium	Bk	97	(249)	Gallium	Ga	31	69.72
Beryllium	Be	4	9.0122	Germanium	Ge	32	72.59
Bismuth	Bi	83	208.98	Gold	Au	79	196.97
Boron	B	5	10.811	Hafnium	Hf	72	178.49
Bromine	Br	35	79.909	Helium	He	2	4.0026
Cadmium	Cd	48	112.40	Holmium	Ho	67	164.93
Caesium	Cs	55	132.91	Hydrogen	H	1	1.008
Calcium	Ca	20	40.08	Indium	In	49	114.82
Californium	Cf	98	(251)	Iodine	I	53	126.90
Carbon	C	6	12.011	Iridium	Ir	77	192.2
Cerium	Ce	58	140.12	Iron	Fe	26	55.847
Chlorine	Cl	17	35.453	Krypton	Kr	36	83.80
Chromium	Cr	24	51.996	Lanthanum	La	57	138.91
Cobalt	Co	27	58.933	Lawrencium	Lw	103	(257)
Copper	Cu	29	63.54	Lead	Pb	82	107.19
Curium	Cm	96	(247)	Lithium	Li	3	6.939

तत्त्व	संकेत	परमाणु संख्या	परमाणु मात्रा	तत्त्व	संकेत	परमाणु संख्या	परमाणु मात्रा
Lutetium	Lu	71	174.97	Rubidium	Rb	37	85.47
Magnesium	Mg	12	24.312	Ruthenium	Ru	44	101.07
Manganese	Mn	25	54.938	Samarium	Sm	62	150.35
Mendelevium	Md	101	(256)	Scandium	Sc	21	44.956
Mercury	Hg	80	200.59	Selenium	Se	34	78.96
Molybdenum	Mo	42	95.94	Silicon	Si	14	28.086
Neodymium	Nd	60	144.24	Silver	Ag	47	107.87
Neon	Ne	10	20.183	Sodium	Na	11	22.990
Neptunium	Np	93	(237)	Strontium	Sr	38	87.62
Nickel	Ni	28	58.71	Sulphur	S	16	32.064
Niobium	Nb	41	92.906	Tantalum	Ta	73	180.95
Nitrogen	N	7	14.007	Technetium	Tc	43	(99)
Nobelium	No	102	(253)	Tellurium	Te	52	127.60
Osmium	Os	76	190.2	Terbium	Tb	65	158.92
Oxygen	O	8	15.999	Thallium	Tl	81	204.37
Palladium	Pd	46	106.4	Thorium	Th	90	232.04
Phosphorus	P	15	30.974	Thulium	Tm	69	168.93
Platinum	Pt	78	195.09	Tin	Sn	50	118.69
Plutonium	Pu	94	(242)	Titanium	Ti	22	47.90
Polonium	Po	84	(210)	Tungsten	W	74	183.85
Potassium	K	39	19.102	Uranium	U	92	238.03
Praseodymium	Pr	59	140.91	Vanadium	V	23	50.942
Promethium	Pm	61	(145)	Xenon	Xe	54	131.30
Protactinium	Pa	91	(231)	Ytterbium	Yb	70	173.04
Radium	Ra	88	(226)	Yttrium	Y	39	88.905
Radon	Rn	86	(222)	Zinc	Zn	30	65.37
Rhenium	Re	75	186.2	Zirconium	Zr	40	91.22
Rhodium	Rh	45	102.91				

प्रश्नोत्तर

अध्याय 1

5. (c) 6. (b) 7. (a)—(v); (b)—(vi); (c)—(i); (d)—(iii), (e)—(ii); (f)-(iv); (g)—(vii)

अध्याय 3

2. (a) 3.75 मी/से^{2} (b) —2 मी/से^{2}
3. 6 सेमी/से
5. 5/12 मी/से^{2}
6. (a) 5/6 मी/से^{2} (b) 180 मी
7. 30 मी/से
8. 200 मी
9. 120 मी (संकेत प्रारंभिक वेग पहले मालूम करें)
10. 19 मी/से (लगभग), 31.5 सेकंड (लगभग)
12. (e)
13. (c)
14. 2.5 न्यूटन/किग्रा
15. 3750 न्यूटन
18. 2 सेकंड
19. (a) 490 न्यूटन (b) शून्य (c) 400 न्यूटन
20. 62.5 न्यूटन
22. (d)

अध्याय 4

1. मध्य बिंदु से तांबे से बने भाग की ओर 1/68 l की दूरी पर (छड़ की लंबाई अगर l मानें)
2. केंद्र से बाईं ओर R/6 की दूरी पर (संकेत सममिति के आधार पर)
3. न्यूटन के बल का आघूर्ण अधिक होगा।

4. 5 न्यूटन मीटर
8. (c)

अध्याय 5

2. 35280 जूल 3. 25 जूल, .25 न्यूटन 6. 8000 न्यूटन
7. 19.6 मी/से

अध्याय 6

1. 180.150 amu
2. 3.60 ग्रा; 24.0 ग्रा
3. 85.16 ग्रा, 30.115×10^{23} मोल अमोनिया अणु, 30.115×10^{23} मोल नाइट्रोजन परमाणु, 90.345×10^{23} मोल हाइड्रोजन परमाणु
4. 3.229 मोल P, 0.807 मोल P_4
7. ZnO—4.06 ग्रा, SO_2—3.15 ग्रा
8. NaOH—4.0 ग्रा, 1.12 लीटर
9. 3.36 लीटर
10. 3.94 ग्रा
11. 32.04 amu, 53.19×10^{-24} ग्रा

अध्याय 7

2. 560 mm Hg
4. 24.6 मिली
5. ताप 25°C बढ़ जाता है
6. आयतन 5.92 मी^{3} कम हो जाता है
7. 17.45 वायुमण्डल
8. 3.45 लीटर
9. (1) CH_4 (2) CO_2 (3) CH_4

अध्याय 8

1. 68 न्यूटन (1 किग्रा बाट = 10 न्यूटन)

अध्याय 16

6. 63.02 मीट्रिक टन